

• 保护论坛 •

生物多样性适应气候变化的国家政策和措施： 国际经验及启示

刘 影 邹玥屿 朱留财 吴伟玲 李 培*

(环境保护部环境保护对外合作中心, 北京 100035)

摘要: 气候变化已成为威胁生物多样性及生态系统服务功能的主要因素之一, 许多国家已经意识到必须提高本国生物多样性适应气候变化的能力。一些国家出台了国家战略, 采取增加连通性、改进现有保护区的管理和恢复措施等基于生态系统的适应措施, 采用跨学科与跨部门协作手段加强生物多样性适应气候变化的监测和评估, 并且从制度和资金等方面加强政策措施的落实。作者对部分发达国家和发展中的生物多样性大国的生物多样性适应气候变化的相关政策和措施进行了梳理, 并结合我国现状提出以下建议: (1)把生物多样性适应气候变化作为国家整体适应战略中的优先措施之一; (2)将提高生物多样性和生态系统的恢复力作为适应气候变化的基础性原则; (3)整合并完善国家生物多样性监测网络, 参考国际通行标准制定信息和数据收集标准, 并且尽快对气候变化下我国生物多样性脆弱性开展全面且持续的评估。

关键词: 生物多样性, 生态系统, 脆弱性, 恢复力, 适应, 气候变化

Major policies and measures on biodiversity adaptation to climate change: international experience and enlightenment

Ying Liu, Yueyu Zou, Liucan Zhu, Weiling Wu, Pei Li*

Foreign Economic Cooperation Office, Ministry of Environment Protection, Beijing 100035

Abstract: Climate change is a major threat to biodiversity and ecosystem services. We analyzed current policies and measures relating to biodiversity adaptation to climate change in some of the most developed countries and developing mega-biodiversity countries. Some governments recognize the great importance and urgency of action on biodiversity adaptation and have released national strategies. The most popular approach is an ecosystem-based adaptation approach, embodied by measures such as increasing landscape connectivity as well as improving management and restoration of existing protected areas to achieve higher resilience. Most governments consider climate change and its impacts on biodiversity an interdisciplinary topic, which needs continual, collaborative monitoring. Addressing the impacts of climate change also requires an assessment of the vulnerability of biodiversity and ecosystem functioning. The establishment of high-level coordination mechanisms coupled with sufficient funding is required to fully implement adaptation policies and measures. Based on these foreign experiences and current progress in China, we hereby propose the following suggestions: (1) highlight the crucial importance of a biodiversity and a well-adapted ecosystem while enabling society to adapt to climate change; (2) improve capability of integrated management of protected areas to build biodiversity and ecosystem resilience; (3) integrate comprehensive monitoring network and conduct regular and continuing assessment of the vulnerability of biodiversity to climate change in China.

Key words: biodiversity, ecosystem, vulnerability, resilience, adaptation, climate change, policy and measures

收稿日期: 2013-09-26; 接受日期: 2014-01-22

基金项目: 环境保护部“国际合作与履约: 生物多样性公约”项目和“生物多样性保护专项”项目

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: Li.pei@mepfeco.org.cn

全球气候自1950年以来发生的变化比过去数百万年间的变化更为显著,其中人类活动是主要原因的可能性高达95%(IPCC, 2013)。已经有研究表明,短期内气候变化将成为全球生物面临的最大威胁(Thomas *et al.*, 2004; IPCC, 2007; Leadley *et al.*, 2010)。气候变化不仅会影响生态系统自身的结构、功能和稳定性,还会影响到生态系统的社会服务功能及其对气候变化的反馈调节功能(Millennium Ecosystem Assessment, 2005)。即使现在停止所有人类活动引起的温室气体排放,气候变化仍将对未来产生持续影响(McCarthy *et al.*, 2001)。因此,许多国家已经意识到除了积极采取措施减缓气候变化外,更应采取措施适应气候变化(Heller & Zavaleta, 2009; Preston *et al.*, 2011)。

生物多样性对气候变化的适应是指生物多样性各要素为应对气候变化所进行的各种调整过程,包括自然适应和人为适应。自然适应是指生物多样性依靠自身稳定性、耐受度、弹性和恢复能力等来适应,人为适应则是指通过人为干预使生物多样性适应气候变化(吴建国等, 2009)。我们分析了在该领域较领先的欧、美、澳等发达国家和印度、南非等发展中的生物多样性大国的相关政策措施与保障机制,结合我国现状提出对于我国生物多样性适应气候变化的政策启示与建议。

1 各国的政策和措施

1.1 制定国家战略

发达国家和部分发展中的生物多样性大国均高度重视制定国家战略或出台相关行动计划,并将此作为生物多样性适应气候变化相关政策和措施的顶层设计。以下分别列举了澳大利亚、美国、欧盟、印度等国家或地区的做法,以期有所启示。

(1)澳大利亚。这是全球首个颁布专项行动计划的国家,其自然资源管理部长理事会(Natural Resource Management Ministerial Council, NRMCC)于2004年发布了《生物多样性和气候变化国家行动计划(2004–2007)》(NRMCC, 2004); 2007年发布了《国家气候变化适应框架》(NRMCC, 2007),要求在5–7年内采取加强生物多样性关键领域、地区等适应气候变化并减少脆弱性的优先行动; 2010年发布《澳大利亚适应气候变化政府立场白皮书》(Australian Government, 2010),确定了水、海岸、基

础设施、自然生态系统、自然灾害管理和农业等六个国家优先行动领域; 在《澳大利亚生物多样性保护战略(2010–2030年)》中(NRMCC, 2011),生态系统适应气候变化是其未来20年工作的三大优先行动之一。

(2)美国。2012年发布《国家鱼类、野生动物及植物气候适应战略》,为决策者提出了未来5–10年美国鱼类、野生动植物以及生态系统适应气候变化的目标、战略和行动计划(NFWPCAS, 2012),其战略主要包括整合监测系统、改进决策支持工具; 完善关于气候变化的影响以及野生动植物的响应等方面的知识和信息; 减少鱼类、野生动植物以及生态系统面临的非气候性压力等措施。

(3)欧盟委员会。欧盟于2009年发布了《适应气候变化白皮书: 面向欧洲的行动框架》(Environment Council of the European Union, 2009),将生物多样性及生态系统列为优先采取适应战略的五大领域之一。各成员国也制定了各自的国家策略。例如,荷兰环境评估局(Netherlands Environmental Assessment Agency, NEAA)于2008年发布了《生物多样性气候防护适应战略》(NEAA, 2010),英国环境食品和农村事务部(Department for Environment, Food & Rural Affairs, DEFRA)于2010年发布了《英国生物多样性适应气候变化战略》。英国还于2011年发布了《自然环境适应气候变化》的政府文件。另外,英国政府各部门在此之前出台的《部门适应计划》中均将自然环境适应气候变化视为最关键领域(DEFRA, 2011)。

(4)印度。作为发展中的生物多样性大国,印度在《应对气候变化国家行动计划》中对适应气候变化给予了极大关注(PMCCC, 2008),其八项行动计划中的水资源、可持续的喜马拉雅生态系统、绿色印度、农业可持续发展以及气候变化战略研究等五项与提高国家和民众适应气候变化能力直接相关,而其环境和林业部(Ministry of Environment and Forestry, MEF)制定的《绿色印度国家任务》(MEF, 2010)则旨在通过改善印度的生态系统、增强碳汇功能来提高生态系统和当地社区适应气候变化的能力。

(5)南非。南非于2011年发布《国家应对气候变化白皮书》(The Government of South Africa, 2011),宣布采取措施应对气候变化冲击,向气候适应型的

低碳经济社会过渡, 并认为对气候变化的适应比减缓更重要。白皮书确定了各部门短期和长期优先行动领域, 其中农林业、生物多样性和生态系统等被列为近期特别关注的领域。

(6)墨西哥。墨西哥的《气候变化国家战略》提出了未来40年减缓和适应气候变化的路线图, 明确指出提高适应气候变化能力更为紧迫, 提出了包括“保护和利用生态系统的可持续性并维持生态系统功能”在内的三大适应目标(Federal Government of Mexico, 2013)。

(7)巴西。目前巴西正在运用基于生态系统的适应原则(Ecosystem-based Adaptation, EbA), 制定其生物多样性适应气候变化国家战略(<http://www.mma.gov.br/component/k2/item/9649-redes-temáticas>, 2013)。

1.2 采取的直接措施

在生物多样性适应气候变化方面, 欧美一些发达国家认为当务之急并不是开发新的技术, 而是切实贯彻落实现有的各种方法和措施, 其中基于生态系统的适应措施对于适应气候变化至关重要(EEA, 2010)。这类措施旨在提高生态系统的恢复力(resilience), 确保生态系统(或物种)受到外界影响时能够通过自身的重塑来对抗、适应这种影响, 并保持原有的生态功能(Heller & Zavaleta, 2009)。提高“恢复力”已成为适应气候变化的最主要目标(Morecroft *et al.*, 2012)。相关措施主要包括:

(1)增加连通性, 便于物种迁徙。主要包括两个方面: 一是增加保护区域间的连通性, 即扩大保护区面积, 同时增加对受气候变化影响最小的避难所区域和迁徙廊道的保护(Commission of the European Communities, 2009)。如欧盟为确保其生态连贯性以及栖息地质量而建立了“Natura 2000”保护区网络计划(<http://www.natura.org/>), 包括近2.6万个保护区, 面积约占欧洲陆地面积的18%, 是欧盟生态保护和适应气候变化的核心计划。二是打破城市与自然的界限, 增加保护区以外区域间的连通性。发展“绿色基础设施”(green infrastructure)是发达国家近年来积极推行的重要措施(PGI, 2008; Binder *et al.*, 2010), 强调不能把人类生存区域与生态保护区域割裂开。“绿色基础设施”被定义为由河流、湿地、森林、野生动物栖息地等自然区域, 以及绿地、公园、农田、牧场等人工环境共同组成的互通网络

(Benedict & McMahon, 2006), 这些区域的连通性对于自然物种的生存、空气质量和水资源质量以及人类健康和生活质量极为重要。《欧盟2020年生物多样性战略》(Environment Council of the European Union, 2011)中列出的六大目标的第二项即为“通过建设绿色基础设施等, 改善和恢复生态系统及其服务功能”。美国从20世纪90年代开始推行绿色基础设施建设, 由政府机构和非政府组织共同组建工作组, 把绿色基础设施纳入州、地区和地方的计划和政策中; Feltmate(2012)提出, 应当把“增加人类聚居区域内动植物栖息地的连通性”作为加拿大生物多样性适应气候变化的措施之一。

(2)改进现有保护区管理和恢复措施, 在规划和实施上兼顾代表性和重复性。该理念强调要重点管理和恢复生态系统功能及过程, 而不是耗费大量精力保护特定的物种(Mawdsley *et al.*, 2009; Lawler, 2009); 强调减少人为造成的物种和生态系统的压力(如外来入侵物种、污染、导致栖息地破碎的人类行为等), 防止这些非气候因素的压力削弱物种或生态系统抵御气候变化的能力(Lawler, 2009; Hansen & Hoffman, 2010)。在荷兰, 其国家战略强调要采取“无悔”战略, 改善环境与水资源条件, 保护生物多样性免受来自各方面的不利影响, 从而增加生物多样性和生态系统的适应能力。此外, 在综合性保护政策的规划和实施中应尽量涵盖多种类型的生态系统, 对同一类型的生态系统或种群要在不同地区保护多个样本。一旦某个区域遭受气候变化的影响, 其他未受影响地区的类似生态系统和物种将得以存续, 并成为再引入时的种源(Hannah *et al.*, 2002; Mawdsley *et al.*, 2009)。

1.3 加强监测与评估

越来越多的国家采用跨学科与跨部门手段来加强生物多样性适应气候变化的监测和评估。在澳大利亚, 从联邦到地方层面设立了多个气候变化适应项目, 其“生物多样性和气候变化专家咨询组”将海岸管理、世界遗产与生物多样性和国家保护区关联起来, 对气候变化脆弱性开展综合性战略评估, 以提出可能采取的适应策略和相应的社会改革(包括政策以及机构等方面)(Steffen *et al.*, 2009)。在欧盟, 2006–2008年期间开展的MACIS项目(<http://www.macis-project.net>), 把气候变化对欧盟25国生物多样性的影响以及相关工作的有效性进

行了全面评估,提出了多部门多领域的行动方案,包括在欧盟委员会的年度工作计划和路线图等政策中充分考虑生物多样性如何适应气候变化,并在欧盟范围内开展新的影响评估项目等。美国联邦环保局(U. S. Environmental Protection Agency, USEPA)2008年评估了本国各种自然生态系统对气候变化的敏感性(Baron *et al.*, 2008);总统科技顾问委员会建议联邦机构实施每四年一次的生态系统服务趋势(QuEST)全面评估,汇总有关最新研究结果,评估趋势及演变情况(PCAST, 2011)。目前,美国已经就气候变化对生物多样性、生态系统结构功能及其服务等的影响,以及后者如何适应前者等进行了一次全面评估(Michelle *et al.*, 2012)。菲律宾的国家适应战略中也要求加大对脆弱性和适应能力的评估,加强基于生态系统的管理。在巴西,2013年建立了国家生物多样性网络,该网络将协调巴西环境部下属的气候变化与环境质量秘书处及生物多样性和森林秘书处,将气候变化的影响、生物多样性的脆弱性等知识进行系统化,并开展相应的评估。

2 保障措施

2.1 机制保障

为了促进政策的有效实施,很多国家成立了高级别的专门机构或跨部门委员会。如在澳大利亚,由自然资源管理部长理事会主管相关工作,2008年成立了适应气候变化国家研究所(<http://www.nccarf.edu.au/>),主要任务之一就是开发实用性政策指导工具,“基于适应的保护”(The Adaptation Conversation)即为该研究所提出的理念。欧盟于2010年设立了气候行动总署(DG CLIMA)主管气候变化的适应,并出台了跨部门的综合性政策(cross-sectoral policy portfolio),建立了跨部门工作组,以更有效地将适应政策纳入各种领域;还要求在环境影响评价指令(EIA)、环境评价策略指令(SEA)以及政策影响评价中必须把气候变化对自然资产和生态系统服务造成的损害成本纳入评估中(EEA, 2010)。英国早在2008年就成立了跨部门的气候变化适应工作组,以确保与相关政策的制定保持一致,其指导委员会由政府核心部门的高层人员组成,由环境、食品和农村事务部牵头,并负责将生物多样性和生态系统的适应政策融入其他相关部门的政策中。

2009年,奥巴马政府组建了由美国环境质量委员会(CEQ)、科技政策办公室(OSTP)和国家海洋与大气管理局(NOAA)共同主持,20多个联邦机构参与的“气候变化适应机构间特别工作组”,确定了“制定自然资源适应气候变化国家战略”等5个关键政策目标,旨在使美国成为具有恢复力(resilience)的国家,工作组目前已经发布了2010、2011年度进展报告(ICCATE, 2010, 2011)。2013年出台的《总统气候行动方案》(Executive Office of the President, 2013)还要求联邦机构就是否需要额外的方法改进大自然抵御极端气候的能力作出评估。

2.2 资金保障

很多国家在生物多样性适应气候变化领域都给予了大量的资金支持。澳大利亚于2011年成立了旨在提高适应能力的“生物多样性基金”(<http://www.environment.gov.au/cleanenergyfuture/biodiversity-fund/index.html>),重点用于生物多样性友好型种植业(biodiversity friendly farming)、建立空间连通性和抵抗力,保护并发展现有的本土植被,有效管理生物多样性面临的威胁等三大领域。澳政府为该基金的第一阶段(2011–2012年)已投入约合15.7亿元人民币(按照2013年9月人民币汇率计算,下同),在全国范围资助了317个项目,并根据研究结果将澳北部地区作为该基金在第二阶段(2013–2014年)的优先资助区域,将重点投入至少约合5.2亿元人民币用于提高生物多样性适应气候变化的能力。

美国在生物多样性适应气候变化的财政投入也在不断加大,其中2010财年比上年增加了约合7.8亿元人民币,用于开展一系列帮助鱼类和野生动植物适应气候变化影响的短期活动(FCCERC, 2010)。

加拿大政府自2011年起在5年内将投入约合8.9亿元人民币,帮助提高该国适应气候变化的整体能力。其中约合2.1亿人民币的最大一笔资金将用于提高自然资源适应气候变化的能力;还有约合0.99亿元人民币用于提高鱼类和海洋生物对气候变化的适应能力,0.14亿元人民币用于支持国家公园系统在气候驱动下的生态变化研究等与生物多样性直接相关的活动(<http://ec.gc.ca/default.asp?lang=En&n=2D1D6FA7-1&news=B67A7995-A1CA-4DE3-89D2-E4E3C0E24BFB>)。

印度目前用于提高气候变化适应能力的开支

超过GDP的2.6%(黄云松和黄敏, 2010), 其中将在10年(2011–2020年)的执行期内为《绿色印度国家任务》提供总计约合560亿人民币的资金支持。

3 对我国的启示与建议

我国近期发布了《国家适应气候变化战略》(中国国家发展和改革委员会, 2013), 确定了包括“森林和其他生态系统”在内的七大重点任务。国外生物多样性适应气候变化的有关政策措施对于更好地实施我国的适应战略有一定的借鉴价值。

首先, 在国家适应战略实施中应当充分重视生物多样性。国外的经验表明, 相较增加各种人工设施, 加强对现存生物多样性的保护是提高人类社会适应气候变化能力最具成本效益的解决方法之一。在我国的国家适应战略实施过程中, 需要提高决策者的认识, 把生物多样性和生态系统适应气候变化作为国家整体适应战略中的基础支撑措施, 摆在最紧迫、最优先的位置上, 优先研究制定专项战略和行动计划。这种战略响应方案应涉及经济、贸易、农业和资源政策等诸多方面, 尤其是将生物多样性价值(或其损失成本)纳入相关部门政策和法规的审查和修订中, 并成立跨部门的专门机构负责。

其次, 提升生态系统综合管理能力。在自然保护区管理目标和战略中考虑适应气候变化的因素, 优化布局, 建立气候变化下的保护区网络, 进行物种与生态系统的集成保护, 在设计廊道时考虑气候变化对物种迁移的影响, 以满足物种适应气候变化而迁移的需求。在保护区以外的区域, 包括人口密集的城镇地区, 同样需要重视这一点。欧美发达国家的实践证明, 绿色基础设施是提高城镇生物多样性适应气候变化的最佳途径(USEPA, 2008, 2012; SCBD, 2009)。我国目前正处于城镇化的快速发展期(徐绍史, 2013), 在城市规划过程中应充分学习并借鉴国际上“绿色基础设施”的理念及方法, 通过科学的资源评估和生态规划, 构建保证环境、社会与经济可持续发展的生态城市框架。

第三, 加强科研监测与风险评估。监测和评估生物多样性与气候变化的相互影响是科学制定气候变化适应战略的关键基础。由于生物多样性与生态系统功能对全球变化的响应与适应具有长期、复杂、滞后和难以预测等特点(Smith *et al.*, 2009), 为深入认识这种复杂性需融合多学科技术, 并应用协

同方法(苏宏新和马克平, 2010)。长期以来我国缺乏对生物多样性的系统监测, 特别是针对气候变化影响的监测(何宵嘉等, 2012)。现有的监测工作分别隶属于环保、林业、农业等不同政府部门以及中国科学院等科研机构, 现有中国生物多样性信息系统、中国森林生物多样性监测网络、物种植被资源信息共享平台、中国生态系统研究网络等多个在线信息获取平台(牛书丽等, 2009; 于贵瑞和于秀波, 2013), 数据在部门、机构及地区间不能通用或得到汇总, 无法从整体上反映国家生物多样性及生态系统的状况及可持续性。因此, 亟需整合、完善国家生物多样性和生态系统监测网络系统, 并参考国际通行标准制定信息收集、格式兼容等方面的标准, 方便不同利益相关方对数据的使用。

最后, 在监测基础方面, 需要对气候变化下我国生物多样性脆弱性进行全面并且持续的评估, 应包括分析生物多样性对气候变化自然适应的过程和能力, 并明确传达气候变化与生物多样性丧失、生态系统服务减少和社会福祉之间的关系。目前我国已经开展了一些与生物多样性适应气候变化有关的自然科学领域的评估(刘颖慧等, 2012), 但仍然缺乏与社会科学相联系的跨学科研究。这一过程中需要充分发挥中国生物多样性保护国家委员会的作用, 统筹协调不同部门、机构间的工作, 以进行系统的监测和评估, 为建立全面、跨部门的适应战略打下基础。

参考文献

- Australian Government (2010) *Adapting to Climate Change in Australia: An Australian Government Position Paper*. <http://www.google.com.hk/search?client=aff-cs-360se&ie=UTF-8&q=Adapting+to+Climate+Change+in+Australia%3A+A+An+Australian+Government+Position+Paper>. (accessed 2014-01-14)
- Baron JS, Joyce LA, Griffith B, Kareiva P, Keller BD, Palmer M, Peterson C, Scott JM (2008) *Preliminary Review of Adaptation Options for Climate-sensitive Ecosystems and Resources*. U. S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- Benedict MA, McMahon ET (2006) *Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities*. Island Press, Washington, DC.
- Binder (2010) Preparing for climate change in Washington State. *Climatic Change*, **102**, 351–376.
- DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs) (2008) *England Biodiversity Strategy Climate Change Adaptation Principles: Conserving Biodiversity in a Changing Climate*. <http://archive.defra.gov.uk/environment/>

- biodiversity/documents/ebs-ccap.pdf. (accessed 2014-01-14)
- DEFRA (Department for Environment, Food & Rural Affairs) (2011) *Natural Environment Adapting to Climate Change*. <https://www.gov.uk/government/publications/natural-environment-adapting-to-climate-change>. (accessed 2014-01-14)
- CEC (Commission of the European Communities) (2009) *White Paper: Adapting to Climate Change: Towards a European Framework for Action*. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0147:FIN:EN:PDF>. (accessed 2014-01-14)
- Environment Council of the European Union (2011) *Our Life Insurance, Our Natural Capital: an EU Biodiversity Strategy to 2020*. <http://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/comm2006/pdf>. (accessed 2014-01-14)
- EEA (European Environment Agency) (2010) *The European environment—State and Outlook 2010: Synthesis*. European Environment Agency, Copenhagen.
- Executive Office of the President (2013) *The President's Climate Action Plan*. <http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/image/president27sclimateactionplan.pdf>. (accessed 2014-01-14)
- FCCERC (Federal Climate Change Expenditures Report to Congress) (2010) http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/omb/assets/legislative_reports/FY2011_Climate_Change.pdf. (accessed 2014-01-14)
- Federal Government of Mexico (2013) *National Climate Change Strategy 10-20-40 Vision*. http://mitigationpartnership.net/sites/default/files/encc_englishversion.pdf. (accessed 2014-01-14)
- Feltmate B, Thistlethwaite J, Hounsell S (2012) *Climate Change Adaptation: A Priorities Plan for Canada*. Report of the Climate Change Adaptation Project (Canada).
- Glick P, Staudt A, Stein B (2009) *A New Era for Conservation: Review of Climate Change Adaptation Literature*. National Wildlife Federation, Washington DC. <http://www.nwf.org/~media/PDFs/Global-Warming/Reports/NWFClimatChangeAdaptationLiteratureReview.ashx>. (accessed 2014-01-14)
- Hannah L, Midgley GF, Millar D (2002) Climate change- integrated conservation strategies. *Global Ecology and Biogeography*, **11**, 485–495.
- Hansen LJ, Hoffman JR (2010) *Climate Savvy: Adapting Conservation and Resource Management to a Changing World*. Island Press, Washington, DC.
- Heller NE, Zavaleta ES (2009) Biodiversity management in the face of climate change: a review of 22 years of recommendations. *Biological Conservation*, **142**, 14–32.
- Huang YS (黄云松), Huang M (黄敏) (2010) A preliminary analyze on India's climate change adaptation policies. *South Asian Studies* (南亚研究), **11**(1), 65–77. (in Chinese with English abstract)
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2007) *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)(2013) *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/#.Ul_hfRVuzIU (accessed 2014-01-14)
- Lawler JJ (2009) Climate change adaptation strategies for resource management and conservation planning. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **1162**, 79–98.
- Leadley P, Pereira HM, Alkemade R, Fernandez-Manjarres JF, Proenca V, Scharlemann JPW (2010) Biodiversity scenarios: projections of 21st century change in biodiversity and associated ecosystem services. In: *Secretariat of the Convention on Biological Diversity* (ed. Diversity SotCoB). Technical Series No. 50. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, 1–132.
- Liu YH (刘颖慧), Yu ZL (于振良), Du SM (杜生明) (2012) Summery and Outlook of the Major Projects of 21st century change in biodiversity and associated ecosystems to Global Change". *Science Foundation in China* (中国科学基金), **26**(3), 136–141. (in Chinese with English abstract)
- Mawdsley JR, O'malley R, Ojima DS (2009) A review of climate-change adaptation strategies for wildlife management and biodiversity conservation. *Conservation Biology*, **23**, 1080–1089.
- McCarthy JJ, Canziani OF, Leary NA, Dokken DJ, White KS (2001) *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. IPCC, Cambridge University Press, Cambridge.
- Michelle DS, Nancy BG, Amanda S, Shawn LCF, Stuart C, Peter K, Mary R, Bruce AS (2012) *Impacts of Climate Change on Biodiversity, Ecosystems, and Ecosystem Services: Technical Input to the 2013 National Climate Assessment*. Cooperative Report to the 2013 National Climate Assessment. 296 p. <http://assessment.globalchange.gov>. (accessed 2014-01-14)
- Millennium Ecosystem Assessment (2005) *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- Min SK, Zhang XB, Zwiers FW, Hegerl GC (2011) Human contribution to more-intense precipitation extremes. *Nature*, **470**, 378–381.
- MEF (Ministry of Environment and Forests of India) (2011) *National Action Plan on Climate Change*. http://pmindia.gov.in/climate_change_english.pdf. (accessed 2014-01-14)
- Morecroft MD, Crick H, Duffield S, Macgregor N (2012) Resilience to climate change: translating principles into practice. *Journal of Applied Ecology*, **49**, 547–551.
- National Development and Reform Commission (2013) *of PR China* (中国国家发展和改革委员会) *National Strategy of Climate Change Adaptation* (2013) <http://qhs.ndrc.gov.cn/syqhbh/W020131213625173032453.pdf>. (accessed 2014-01-14). (in Chinese)
- NFWPCAP (National Fish, Wildlife and Plants Climate Adaptation Partnership) (2012) *National Fish, Wildlife and Plants Climate Adaptation Strategy*. Association of Fish and Wildlife Agencies, Council on Environmental Quality, Great Lakes Indian Fish and Wildlife Commission, National Oceanic and Atmospheric Administration, and U. S. Fish and Wildlife Service, Washington, DC.
- NRMMC (Natural Resource Management Ministerial Council) (2004) *National Biodiversity and Climate Change Action Plan*. <http://www.environment.gov.au/biodiversity/publications/nbccap/>. (accessed 2014-01-14)
- NRMMC (Natural Resource Management Ministerial Council)

- (2007) *National Climate Change Adaptation Framework*. <http://www.climatechange.gov.au/climate-change/adapting-climate-change/adaptation-framework>. (accessed 2014-01-14)
- NRMMC (Natural Resource Management Ministerial Council) (2011) *Australia's Biodiversity Conservation Strategy 2010*. <http://www.Australia/adaptation-frameworkblications/strategy-2010-30/>. (accessed 2014-01-14)
- NEAA (Netherlands Environmental Assessment Agency) (2010) *Adaptation Strategy for Climate-proofing Biodiversity*.
- Niu SL (牛书丽), Wan SQ (万师强), Ma KP (马克平) (2009) Acclimation and mitigation of terrestrial ecosystem and biodiversity to climate change. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences* (中国科学院院刊), **24**, 421–427. (in Chinese with English abstract)
- PGI (Partners for Green Infrastructure) (2008) *Managing Wet Weather With Green Infrastructure*. http://www.epa.gov/npdes/pubs/gi_action_strategy.pdf. (accessed 2014-01-14)
- Preston BL, Westaway RM, Yuen EJ (2011) Climate adaptation planning in practice: an evaluation of adaptation plans from three developed nations. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, **16**, 407–438.
- PMCCC (Prime Minister's Council on Climate Change) (2008) *National Action Plan on Climate Change*. http://pmindia.gov.in/climate_change_english.pdf. (accessed 2014-01-14)
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2009) *Connecting Biodiversity and Climate Change Mitigation and Adaptation: Report of the Second Ad Hoc Technical Expert Group on Biodiversity and Climate Change*. Technical Series No. 41, Montreal.
- Smith MD, Knapp AK, Collins SL (2009) A framework for assessing ecosystem dynamics in response to chronic resource alterations induced by global change. *Ecology*, **90**, 3279–3289.
- Steffen W, Burbidge AA, Hughs L, Kitching R, Lindermayer D, Musgrave W, Stanford Smith M, Werner PA (2009) *Australia's Biodiversity and Climate Change: A Strategic Assessment of the Vulnerability of Australia's Biodiversity to Climate Change. A Report to the Natural Resource Management Ministerial Council Commissioned by the Australian Government*. SCIRO Publishing.
- Su HX (苏宏新), Ma KP (马克平) (2010) Response and acclimation of biodiversity and ecosystem function to global change: coordinated approach. *Chinese Journal of Nature* (自然杂志), **32**(6), 272–280. (in Chinese with English abstract)
- The Government of the Republic of South Africa (2011) *National Climate Change Response White Paper*. <http://www.info.gov.za/view/DownloadFileAction?id=152834>. (accessed 2014-01-14)
- ICCATF (The Interagency Climate Change Adaptation Task Force) (2010) *Recommended Actions in Support of a National Climate Change Adaptation Strategy*. <http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ceq/Interagency-Climate-Change-Adaptation-Progress-Report.pdf>. (accessed 2014-01-14)
- ICCATF (The Interagency Climate Change Adaptation Task Force) (2011) *Federal Actions for a Climate Resilient Nation: Progress Report of the Interagency Climate Change Adaptation Task Force*. http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ceq/2011_adaptation_progress_report.pdf. (accessed 2014-01-14)
- The President's Council of Advisors on Science and Technology (PCAST) (2011) *Report to the President Sustaining Environmental Capital: Protecting Society and the Economy*. http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ost/pcast_sustaining_environmental_capital_report.pdf. (accessed 2014-01-14)
- Thomas CD, Cameron A, Green RE, Bakkenes M, Beaumont LJ, Collingham YC, Erasmus BF, De Siqueira MF, Grainger A, Hannah L, Hughes L, Huntley B, Van Jaarsveld AS, Midgley GF, Miles L, Ortega-Huerta MA, Peterson AT, Phillips OL, Williams SE (2004) Extinction risk from climate change. *Nature*, **427**, 145–148.
- USEPA (U. S. Environmental Protection Agency) (2008) *National Water Program Strategy Response to Climate Change*. http://greatbasinwater.net/pubs/3-27-08_ccdrafts_strategy_final.pdf. (accessed 2014-01-14)
- USEPA (U. S. Environmental Protection Agency) (2012) *Highlights of Progress- Responses to Climate Change by the National Water Program*. <http://water.epa.gov/scitech/climatechange/2012-National-Water-Program-Strategy.cfm>. (accessed 2014-01-14)
- Wu JG (吴建国), Lü JJ (吕佳佳), Ai L (艾丽) (2009) The impacts of climate change on the biodiversity: vulnerability and adaptation. *Ecology and Environmental Sciences* (生态环境学报), **18**, 693–703. (in Chinese with English abstract)
- Xu SH (徐绍史) (2013) *The State Council Working Report on Urbanization Construction*. Twelfth National People's Congress Standing Committee, Third Meeting Report. (in Chinese)
- Yu GR (于贵瑞), Yu XB (于秀波) (2013) Chinese Ecosystem Research Network (CERN) and Natural Ecosystem Protection. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences* (中国科学院院刊), **28**, 275–283. (in Chinese with English abstract)

(责任编辑: 薛达元 责任编辑: 周玉荣)