



•保护与治理对策•

# “基于自然的解决方案”应对生物多样性丧失和气候变化：进展、挑战和建议

王金洲<sup>ID</sup>, 徐靖\*

中国环境科学研究院, 北京 100012

**摘要:**“基于自然的解决方案”(nature-based solutions, NbS)是协同应对生物多样性丧失和气候变化等全球环境挑战的热点途径之一,但在国际环境条约谈判中尚存在争议。本文系统梳理了世界自然保护大会(WCC)、联合国环境大会(UNEA)、《生物多样性公约》(CBD)缔约方大会和《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC)缔约方大会关于NbS的相关决议和决定,以及主要缔约方的立场发言,旨在分析NbS的国际进展和挑战,并结合我国国情提出应对建议。在世界自然保护联盟(IUCN)等国际组织和欧盟及其成员国的积极推动下,WCC和UNEA就NbS定义和标准制定取得积极进展。而在CBD和UNFCCC相关谈判进程中,缔约方对NbS意见不一。除了缺乏各方一致认可的NbS定义、实施路径等技术原因外,可能的因素包括发展中大国担忧发达国家通过界定NbS路径范围限制其自然资源开发和生物产业发展;或将“减缓”责任从UNFCCC过渡到CBD,并转嫁给生物多样性丰富的发展中国家;以及模糊气候与生物多样性行动和资金的边界,减少发展中国家争取生物多样性领域国际公共资金的机会。我国是NbS的积极践行者,已将NbS纳入国家应对气候变化相关政策,并长期开展生态保护恢复等NbS行动与实践,但这些政策与实践主要聚焦国内,与我国在全球环境治理体系中的领导力和国际社会的期待尚有较大差距。对此,建议继续加强跨部门协调,改进本地NbS政策与实践;开展NbS路径研究,出台国家标准;开展NbS综合效益评估,支撑自然融资和绿色贸易;加强NbS国际交流与合作,平衡各方利益诉求。

**关键词:** 基于自然的解决方案; 生物多样性; 气候变化; 多边环境条约

王金洲, 徐靖 (2023) “基于自然的解决方案”应对生物多样性丧失和气候变化: 进展、挑战和建议. 生物多样性, 31, 22496. doi: 10.17520/biods.2022496.  
Wang JZ, Xu J (2023) Nature-based solutions for addressing biodiversity loss and climate change: Progress, challenges and suggestions. Biodiversity Science, 31, 22496. doi: 10.17520/biods.2022496.

## Nature-based solutions for addressing biodiversity loss and climate change: Progress, challenges and suggestions

Jinzhou Wang<sup>ID</sup>, Jing Xu\*

Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012

### ABSTRACT

**Aims and Methods:** Nature-based solutions (NbS) is a hot synergy approach to address the global environmental challenges, such as biodiversity loss and climate change, but there are controversies surrounding the negotiation of relevant conventions. Here we reviewed the resolutions and decisions on NbS of the World Conservation Congress (WCC), the United Nations Environment Assembly (UNEA), and the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity (CBD) and the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), as well as the formal statements of the main Parties. We aimed to analyze the major progress and challenges of NbS implementation at global and national levels, and to propose countermeasures based on China's national conditions.

**Review Results:** By the active promotion of international organizations such as the International Union for Conservation of Nature (IUCN) and Parties such as European Union and its member states, the WCC and the UNEA

收稿日期: 2022-08-29; 接受日期: 2022-10-16

基金项目: 中国环境科学研究院基本科研业务费专项(22060302002001013)和生态环境部生物多样性调查评估项目(22110404002001)

\* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: xujing263@163.com

have made positive progress in defining NbS and creating standards. However, during the negotiation process related to the CBD and the UNFCCC, Parties have different views on the implementation of NbS to synergistically address biodiversity loss and climate change. The technical explanation is the lack of a concrete and universal definition of NbS and its pathways agreed to by all Parties. Other possible reasons are that large developing country Parties prevent developed country Parties from (1) restricting the exploitation of natural resources and development of biological industries by defining the pathways of NbS; (2) transitioning the responsibility for “mitigation” from the UNFCCC to the CBD and shifting it to biodiversity-rich developing countries; (3) blurring the boundaries between climate and biodiversity action and funding, and thus reducing the opportunities for developing countries to seek international public funding for biodiversity conservation. As an active practitioner of NbS, China has incorporated NbS into national policies related to addressing climate change, and has carried out NbS practices such as ecological protection and restoration for decades. However, these policies and practices mainly focused on domestic ecological and environmental issues, which still lag behind China’s leadership in the global environmental governance and the expectations of the international community.

**Suggestions:** In this regard, we suggest to (1) strengthen the cross-sectorial cooperation and improve the local NbS policies and practices; (2) promote the research of NbS pathways and define national standards; (3) carry out comprehensive evaluation of NbS to support natural financing and green trading; and (4) strengthen international exchanges and cooperation with NbS, balancing the concerns of all Parties.

**Key words:** nature-based solutions; biodiversity; climate change; multilateral environmental agreements

“基于自然的解决方案”(nature-based solutions, NbS)旨在通过保护、恢复、可持续管理和利用生物多样性及其生态系统功能和服务,以协同应对经济、社会和环境等面临的多重挑战。欧盟于2014年启动“地平线2020研究和创新议程”,并于2015年发布《基于自然的解决方案和自然化城市》(Nature-based solutions and Re-Naturing Cities)报告(Bauduceau et al, 2015),引起了政策、学术和商业界对NbS的广泛重视,相关论文数量快速上升(Seddon, 2022)。世界自然保护联盟(International Union for Conservation of Nature, IUCN)于2016年率先提出NbS定义,并于2020年发布全球标准,指导NbS由概念转化为政策实践。2019年联合国气候行动峰会期间,中国和新西兰共同牵头NbS这一行动领域,发布《NbS行动倡议和实践案例汇编》和《NbS政策主张》。自此,NbS得到众多学者、政府决策者、国际组织和机构的关注,并在NbS的概念内涵、技术路径、气候减缓潜力、限制因子等方面进行了有益探讨(Griscom et al, 2017; Roe et al, 2019; Seddon et al, 2021; Lu et al, 2022; 于贵瑞等, 2022)。一些国家和地区已将NbS作为政策工具纳入气候变化和生物多样性相关的战略计划,如《欧盟2030生物多样性战略》和中国《国家适应气候变化战略2035》,并积极推动NbS纳入多边环境条约的讨论内容。

尽管各国总体上认可生态系统和自然在应对经济、社会和环境挑战方面的贡献,但在《联合国气候

变化框架公约》(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)、《生物多样性公约》(Convention on Biological Diversity, CBD)和联合国环境大会(United Nations Environment Assembly, UNEA)等国际公约或进程的谈判过程中,各国对NbS态度迥异。欧盟、英国、挪威等积极推动将NbS纳入大会决定、决议或国际倡议,而巴西、阿根廷、南非等表示担忧或反对。导致这种分歧的原因,既涉及NbS的科学基础和执行保障等技术问题,又包括更加广泛的国际责任、国家发展权、国际贸易规则等问题。对此,本文旨在回顾生物多样性和气候变化领域相关磋商进程,分析实施NbS面临的挑战,并提出我国的应对建议。

## 1 NbS进程

### 1.1 IUCN及世界自然保护大会(WCC)率先定义和规范NbS

IUCN在推动NbS相关研究和实践方面发挥着先锋作用,分别于2009年UNFCCC第15次缔约方大会(UNFCCC COP15)前夕提出将NbS纳入更广泛的气候减缓和适应战略;2010年联合其他机构发布《自然解决方案:保护区促进人们应对气候变化》;2016年率先定义NbS,即针对自然或改良生态系统的保护、可持续管理和恢复行动,从而有效和适应性地应对社会挑战,并为人类福祉和生物多样性带来益处(WCC-2016-Res-069-EN, <https://portals.iucn.org/librar>

y/node/46486)。2020年IUCN理事会批准了NbS的IUCN全球标准,包括8项准则和28项指标,并得到WCC的认可(WCC-2020-Res-060-EN, <https://portals.iucn.org/library/node/49199>)。2021年WCC通过的121项决议中,有13项明确提及NbS,强调实施NbS在协同应对各种社会挑战(如气候变化、生态系统退化和生物多样性丧失、粮食安全、水安全、灾害风险、人类健康以及经济社会发展等方面)的贡献,广泛涵盖可持续土地管理、生态农业、绿色基础设施、保护地、再野化以及生态保护、恢复和可持续管理等路径。

## 1.2 联合国环境大会(UNEA)首次作出全球多边商定的NbS定义

2022年UNEA第五届会议(UNEA5)上,欧盟及其成员国牵头提出“支持可持续发展的基于自然的解决方案”决议草案。尽管在谈判初期巴西、南非等一些国家不认可NbS这一术语,认为“解决方案”(solutions)可能引起误解,建议替换为“选择”(options),但在欧盟的协调和推动下,大会最终通过了修订后的决议草案(UNEP/EA.5/Res.5),并沿用了NbS这一术语。其中,NbS被定义为“采取行动保护、养护、恢复、可持续利用和管理自然或经改造的陆地、淡水、沿海和海洋生态系统,以有效和适应性地应对社会、经济和环境挑战,同时对人类福祉、生态系统服务、复原力和生物多样性产生惠益”。具体的NbS路径方面,在巴西等国的推动下,决议中纳入了基于生物的产品、创新和技术,意味着一定条件下生物能源、转基因技术等也属于NbS范畴。决议还对NbS与其他相关术语和做法的关系从两方面进行了说明,一是NbS与CBD确定的“生态系统方式”(ecosystem approaches, EA)概念相一致;二是NbS与根据现有国家政策法律及相关多边环境协定确立的其他管理和养护措施相一致。此外,UNEA5部长级宣言“加强自然保护行动以实现可持续发展目标”(UNEP/EA.5/HLS.1)特别强调了减少毁林和减少森林退化这两项NbS路径。

## 1.3 生物多样性公约(CBD)将NbS写入新的全球生物多样性战略

2022年12月结束的CBD第15次缔约方大会(CBD COP15)第二阶段会议,其重要议程是制定并通过新一期的全球生物多样性战略,即“昆明-蒙特利尔全球生物多样性框架”(简称“框架”)。自2019年启动“框架”工作组谈判以来,各方对NbS是否纳入

“框架”目标,以及如何处理NbS与CBD惯用术语EA的关系,还存在不同意见。例如,在应对气候变化(目标8)和增进自然对人类贡献(目标11)的讨论中,欧盟、英国、挪威等缔约方积极推动写入NbS这一做法,而巴西、阿根廷、南非等缔约方认为NbS尚缺乏CBD认可的定义,坚持CBD惯用术语EA。最终,经各方协商,NbS作为应对气候变化和改善自然对人类贡献的有效途径写入“框架”。

关于如何处理NbS与EA的关系,各方展示了一定的灵活性。例如,2019年CBD科学、技术和工艺咨询附属机构第23/2号建议指出,具有生物多样性保障措施的NbS是基于生态系统的适应、缓解和减少灾害风险办法不可或缺的组成部分(CBD/SBSTTA/REC/23/2)。2021年CBD COP15第一阶段会议上发布的高级别政治倡议——《昆明宣言》,为照顾一些缔约方对NbS的关切,以脚注的形式注明“EA又称为NbS”。2022年CBD COP15第二阶段会议最终通过的“框架”文本,以“和/或”的形式平行表述NbS和EA。

## 1.4 联合国气候变化框架公约(UNFCCC)推动NbS应对气候变化和融资

UNFCCC缔约方持续推动关于NbS减缓和适应气候变化、NbS融资的相关讨论,并最终在UNFCCC第27次缔约方大会(UNFCCC COP27)上将NbS写入大会决定。例如,资金问题常设委员会决定举办关于NbS融资的论坛,并将“基于自然解决方案的融资”(Finance for Nature-based Solutions)作为论坛主题。该决定受到UNFCCC第25次缔约方大会(UNFCCC COP25)的欢迎,且在全球环境基金第八次增资的资金配置中,NbS被列为减缓气候变化的10项业务之一。2021年UNFCCC第26次缔约方大会(UNFCCC COP26)上,大会主席在重要成果文件——“格拉斯哥气候协议”的第一稿主席案文中,并列纳入了NbS和EA,强调了保护和恢复森林对固碳减排和保护生物多样性的重要性。然而,最终通过的成果文件中删除了NbS和EA这两个术语,仅强调了具体路径,即保护、养护和恢复自然和生态系统,发挥森林和其他陆地生态系统以及海洋生态系统的温室气体汇和储存库作用等。2022年UNFCCC第27次缔约方大会(UNFCCC COP27)上,得益于缔约方就设立“损失和损害”基金取得进程上突破,NbS和EA作为气候减缓与适应的方法得到认可并写入



《沙姆沙伊赫实施计划》这一成果文件。

## 2 NbS在应用方面面临的挑战

### 2.1 概念内涵和具体路径方面凝聚共识

在应对气候变化和保护生物多样性的相关国际环境政策磋商中, NbS尚存在概念内涵分歧、路径筛选标准不明等问题。由于职责授权和目标任务差异, UNEA5和WCC已通过的NbS定义, 尚不能作为全球共识自动得到各环境条约的认可。各缔约方对NbS的路径选择有很大的解读空间, 且在概念上存在较大的认知差距, 如什么是“自然”; “自然”与生态系统和生物多样性的关系; NbS路径中“自然”的最低贡献份额; 以及转基因生物、仿生学、生物能源、太阳能和风能发电等技术和创新是否属于NbS范畴。每一项具体路径的选择或排除, 可能均关系到数百亿美元的投融资流向。在路径成效方面, NbS被广为宣传的一大亮点是具有可观的固碳减排潜力(Griscom et al, 2017; Roe et al, 2019)。然而, 按照气候变化谈判中强调的“可测量、可报告和可核查”的减排要求, NbS路径需要有可靠的碳汇动态监测和定量认证, 这对缔约方提出了更高的资金、技术和能力要求。

### 2.2 协调与多边环境条约的关系

多边环境条约, 如UNFCCC、CBD和UNCCD(联合国防治荒漠化公约)等, 已根据各自授权和原则, 发展了一系列与工作目标相称的良好做法, 包括EA、基于生态系统的适应、基于生态系统的减少灾害风险、生态恢复、可持续土地管理等, 并提出了相应的准则和操作指南。这些推荐做法均可作为协同应对气候变化和保护生物多样性以及多个可持续发展目标作出贡献, 而NbS与这些推荐做法的关系有待进一步厘清。

另外, NbS的实施有赖于政府各职能部门的参与和细化落实, 而各职能部门已在长期工作中形成了各自的政策语言体系, 并积累了丰富的实践经验。推广NbS以替代或补充原有政策语言, 可能需要额外的行政成本, 但不一定会带来政策增益, 甚至引起部门间政策混淆和职权范围的重叠或冲突。

### 2.3 国际公约协同履约方面的政治博弈

尽管缔约方普遍支持加强CBD与UNFCCC以及生物多样性相关公约之间的联系, 但各方侧重点不同。欧盟等缔约方往往强调NbS在调动资金和应对毁

林方面的贡献, 包括吸引气候变化方面的公共和私营部门资金投资自然和生物多样性领域, 并在国际环境与贸易政策中推动减少毁林、零毁林供应链等NbS做法。巴西等生物多样性丰富的发展中大国则强调自然资源主权和可持续利用, 以及发达国家的出资义务。

不难理解, 发达国家通过NbS协同UNFCCC和CBD, 模糊气候变化资金和生物多样性资金边界, 可分担其“减缓”责任和出资义务。推动零毁林供应链等做法, 一方面把握话语优势, 主导公约谈判进程; 另一方面可对外输出环境标准和贸易政策, 主导国际贸易和规则。例如, 欧盟《森林执法、施政和贸易行动计划》和《零毁林商品条例》立法提案, 目的是减少欧盟贸易和消费造成的森林砍伐和退化, 但实际情况是欧盟等利用产品溯源、可持续认证等技术和话语优势, 控制产业链并对发展中国家的一些生物产品形成绿色贸易壁垒。发展中大国则防范发达国家通过多边环境条约界定NbS路径范围, 限制其自然资源开发和生物产业(如生物能源、转基因农产品)的发展; 防范发达国家通过NbS将“减缓”责任从UNFCCC过渡到CBD, 并转嫁给生物多样性丰富的发展中国家, 限制了国家发展权; 防范发达国家将投资NbS的国际资金在气候变化和生物多样性领域双重计算, 规避出资义务, 减少了流向发展中国家的国际公共资金量。

## 3 我国实施NbS的相关政策、实践和挑战

### 3.1 NbS相关政策与实践行动

围绕国内生态环境问题, 我国已将NbS理念及其做法纳入生态环境保护的制度建设, 持续开展生态保护恢复行动和成效评估, 协同履行多个环境条约, 并取得积极进展。

一是将NbS纳入“碳达峰、碳中和”相关政策举措。2021年9月发布的《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》, 明确提出要持续巩固生态系统碳汇能力, 提升生态系统碳汇增量, 并列出了固碳增汇的NbS路径, 如强化国土空间规划和用途管控、严守生态保护红线以保护和稳定现有的生态系统碳库; 实施生态保护修复重大工程、“山水林田湖草沙一体化”保护和修复、国土绿化行动、退耕还林还草等生态系统

保护修复行动。2022年5月出台的《国家适应气候变化战略2035》明确提出统筹陆地和海洋适应气候变化工作,实施NbS,提升生态系统适应气候变化能力。

二是持续开展生态保护修复行动,协同履行UNFCCC、CBD和UNCCD等多项环境条约。我国正建立以国家公园为主体的自然保护地体系以及生态保护红线制度,实施了一系列生态保护修复国家重点工程,持续改善了全国生态环境质量,有效履行了多项环境条约。2020年以来,自然资源部在总结国内生态保护修复工程试点经验的基础上,参考IUCN关于NbS的相关准则和标准,发布了《全国重要生态系统保护和修复重大工程总体规划(2021–2035年)》和《山水林田湖草生态保护修复工程指南(试行)》,凝练形成了独具特色的中国实践案例——《中国生态修复典型案例集》([https://mp.weixin.qq.com/s/6MbYcGZHvQ6\\_1InxgGI-Ww](https://mp.weixin.qq.com/s/6MbYcGZHvQ6_1InxgGI-Ww))。

三是积极开展NbS成效评估,为“碳达峰、碳中和”提供支撑。多年来,科学家已就我国陆地生态系统碳源汇特征和固碳潜力等重大科学问题开展了大量评估工作(Huang et al, 2022; Lu et al, 2022; Piao et al, 2022; Yang et al, 2022; 于贵瑞等, 2022)。受益于植树造林和生态恢复等NbS举措,我国陆地生态系统呈明显碳汇,碳汇强度达0.20–0.25 Pg C/yr,到2060年预计为0.15–0.52 Pg C/yr (Yang et al, 2022),可有效抵消部分同期化石燃料燃烧和工业活动导致的温室气体排放。

### 3.2 实施NbS面临的挑战

作为发展中大国,我国以往的环境政策与行动主要聚焦国内,把解决自身发展和生态环境问题作为优先事项。随着我国在国际环境事务中更加积极有为,包括推动《巴黎协定》达成、签署、生效和实施,先后承办UNCCD COP13和CBD COP15等缔约方大会,国际社会对我国环境履约提出更高期待,呼吁中国在国际贸易和投资中采取更多环保举措。对此,结合生态保护修复实践经验和国际环境履约,我国实施NbS尚存在如下挑战:

一是协同应对气候变化和保护生物多样性的部门间统筹机制有待进一步加强。尽管我国已分别就应对气候变化和保护生物多样性成立了部门协调机制,如国家应对气候变化及节能减排工作领导小组、碳达峰碳中和工作领导小组,以及生物多样

性保护国家委员会,但在协同方面,这些协调机制之间以及相应的职能部门之间有效联动仍显不足。

二是对生态保护修复等NbS路径的科学认识和技术标准仍存在短板。一些生态保护修复行动存在对自然规律的认识不足,不符合NbS相关准则和要求,可能引发新的生态环境问题。例如,单一树种造林导致病虫害频发和生态功能降低;干旱半干旱区植树造林引发水资源供需失衡,导致绿化综合效益不明显、流域产流和土壤含水量下降等问题(Feng et al, 2016; Chen et al, 2018; Liu, 2019)。

三是NbS路径的生态成效评估存在方法学挑战,不足以为国际履约或市场化机制提供支撑,限制了社会资本投资NbS的意愿。以生态系统碳汇为例,不同评估方法得到的结果可能存在数量级上的差异(Piao et al, 2022),不足以满足各类型生态系统碳计量核查体系的要求。

四是源自与零毁林供应链等NbS路径关联的国际贸易和环境政策的压力。我国与主要资源国开展的投资及林产品、大豆、牛肉、棕榈油等大宗农林产品贸易,引发关于中国间接毁林的批评,要求中国从需求方倒逼供应方改进环境政策(Fearnside, 2021)。

## 4 我国的应对建议

### 4.1 继续加强跨部门协调,改进本地NbS政策与实践

利用好当前的部门间协调机制,坚持中央统筹,将气候变化和生物多样性纳入经济社会发展整体布局,不断完善气候变化和生物多样性协同治理体系。以NbS为抓手,协同开展气候变化减缓与适应、生物多样性保护、荒漠化防治、污染治理、防灾减灾、粮食安全、减贫等国家战略和行动。参考NbS的相关技术标准,系统审查我国当前已开展的生态保护恢复、减污降碳、国土空间规划等行动成效,及时纠正过度干预、违反自然和生态规律的不良做法,确保具体行动可切实有效地应对环境挑战并为生态系统服务带来增益。

### 4.2 开展NbS路径研究,出台国家标准

建立跨领域、跨部门的NbS专家工作组,统筹“碳达峰、碳中和”、养护生物多样性、提高生态系统服务功能等多重目标,系统梳理一套适合我国国情的NbS路径清单和推荐做法,并围绕具体路径开展关键技术与集成,建立和完善生态系统碳汇及服务价

值的监测和评估体系,出台相应的国家标准和指南。

### 4.3 开展NbS综合效益评估,支撑自然融资和绿色贸易

面向国内,全面开展森林、草地、农田、湿地、滨海和海洋等生态系统碳汇速率和生态系统服务价值动态评估,支持将更加广泛的生态系统碳汇纳入碳市场交易体系,引导社会资本投资NbS相关行动,为可持续的自然融资和生态补偿提供支撑。面向国际,开展各类对外投资和贸易供应链的生态影响评估,引导企业和金融机构关注并参与气候变化应对和生物多样性保护工作,采用NbS做法来提升国际投资与贸易的绿色成分。

### 4.4 加强NbS国际交流与合作,平衡各方利益诉求

作为CBD COP15主席国,继续参与、引领应对气候变化和保护生物多样性的国际谈判,在坚持公约各自授权以及相关原则和义务的前提下,平衡各方诉求,推动公约协同进程。一方面加强与生物多样性大国合作,支持各国根据各自主权和国家优先事项开展生物多样性资源的合理开发和可持续利用,支持发展中国家争取国际资金、技术和能力建设的合理诉求;另一方面加强与欧盟、IUCN等NbS倡导者之间的交流与合作,筛选一套国际通用的NbS路径,推动发达国家为发展中国家实施NbS调动更多资金资源,提高全球气候变化和生物多样性治理的执行保障力度。

## ORCID

王金洲  <https://orcid.org/0000-0001-8398-169X>

## 参考文献

- Bauduceau N, Berry P, Cecchi C, Elmqvist T, Fernandez M, Hartig T, Krull W, Mayerhofer E, Naumann S, Noring L, Raskin-Delisle K, Roozen E, Sutherland W, Tack J (2015) Towards an EU Research and Innovation Policy Agenda for Nature-based Solutions & Re-Naturing Cities: Final report of the Horizon 2020 Expert Group on 'Nature-based Solutions and Re-Naturing Cities'. European Commission, Brussels.
- Chen JQ, John R, Sun G, Fan PL, Henebry GM, Fernández-Giménez ME, Zhang YQ, Park H, Tian L, Groisman P, Ouyang Z, Allington G, Wu JG, Shao CL, Amarjargal A, Dong G, Gutman G, Huettmann F, Laforteza R, Crank C, Qi JG (2018) Prospects for the sustainability of social-ecological systems (SES) on the Mongolian Plateau: Five critical issues. *Environmental Research Letters*, 13, 123004.
- Fearnside PM (2021) China's carbon emissions in Brazil. *Science*, 373, 1209–1210.

- Feng XM, Fu BJ, Piao SL, Wang S, Ciais P, Zeng ZZ, Lü Y, Zeng Y, Li Y, Jiang XH, Wu BF (2016) Revegetation in China's Loess Plateau is approaching sustainable water resource limits. *Nature Climate Change*, 6, 1019–1022.
- Griscom BW, Adams J, Ellis PW, Houghton RA, Lomax G, Miteva DA, Schlesinger WH, Shoch D, Siikamäki JV, Smith P, Woodbury P, Zganjar C, Blackman A, Campari J, Conant RT, Delgado C, Elias P, Gopalakrishna T, Hamsik MR, Herrero M, Kiesecker J, Landis E, Laestadius L, Leavitt SM, Minnemeyer S, Polasky S, Potapov P, Putz FE, Sanderman J, Silvius M, Wollenberg E, Fargione J (2017) Natural climate solutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 114, 11645–11650.
- Huang Y, Sun WJ, Qin ZC, Zhang W, Yu YQ, Li TT, Zhang Q, Wang GC, Yu LF, Wang YJ, Ding F, Zhang P (2022) The role of China's terrestrial carbon sequestration 2010–2060 in offsetting energy-related CO<sub>2</sub> emissions. *National Science Review*, 9, nwac057.
- Liu HY (2019) It is difficult for China's greening through large-scale afforestation to cross the Hu Line. *Science China: Earth Sciences*, 62, 1662–1664.
- Lu N, Tian HQ, Fu BJ, Yu HQ, Piao SL, Chen SY, Li Y, Li XY, Wang MY, Li ZD, Zhang L, Ciais P, Smith P (2022) Biophysical and economic constraints on China's natural climate solutions. *Nature Climate Change*, 12, 847–853.
- Piao SL, He Y, Wang XH, Chen FH (2022) Estimation of China's terrestrial ecosystem carbon sink: Methods, progress and prospects. *Science China: Earth Sciences*, 65, 641–651.
- Roe S, Streck C, Obersteiner M, Frank S, Griscom B, Drouet L, Fricko O, Gusti M, Harris N, Hasegawa T, Hausfather Z, Havlik P, House J, Nabuurs GJ, Popp A, Sánchez MJS, Sanderman J, Smith P, Stehfest E, Lawrence D (2019) Contribution of the land sector to a 1.5°C world. *Nature Climate Change*, 9, 817–828.
- Seddon N (2022) Harnessing the potential of nature-based solutions for mitigating and adapting to climate change. *Science*, 376, 1410–1416.
- Seddon N, Smith A, Smith P, Key I, Chausson A, Girardin C, House J, Srivastava S, Turner B (2021) Getting the message right on nature-based solutions to climate change. *Global Change Biology*, 27, 1518–1546.
- Yang YH, Shi Y, Sun WJ, Chang JF, Zhu JX, Chen LY, Wang X, Guo YP, Zhang HT, Yu LF, Zhao SQ, Xu K, Zhu JL, Shen HH, Wang YY, Peng YF, Zhao X, Wang XP, Hu HF, Chen SP, Huang M, Wen XF, Wang SP, Zhu B, Niu SL, Tang ZY, Liu LL, Fang JY (2022) Terrestrial carbon sinks in China and around the world and their contribution to carbon neutrality. *Science China: Life Sciences*, 65, 861–895.
- Yu GR, Zhu JX, Xu L, He NP (2022) Technological approaches to enhance ecosystem carbon sink in China: nature-based solutions. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 37, 490–501. (in Chinese with English abstract) [于贵瑞, 朱剑兴, 徐丽, 何念鹏 (2022) 中国生态系统碳汇功能提升的技术途径: 基于自然解决方案. *中国科学院院刊*, 37, 490–501.]

(责任编辑: 薛达元 责任编辑: 李会丽)