



•保护论坛•

# IPBES土地退化和恢复专题评估报告及其潜在影响

张博雅 潘玉雪 徐 靖 田 瑜\*

(中国环境科学研究院生物多样性研究中心, 北京 100012)

**摘要:** 随着国际社会对生物多样性保护和人类福祉关注度的提升, 土地退化作为全球面临的重要问题逐渐成为国际公约和进程关注的热点问题。生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台(Intergovernmental Science–Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, IPBES)将“土地退化和恢复”列入2014–2018年工作方案, 开展评估。2018年3月, 该评估报告在IPBES第六次全体会议上获得通过。本文概述了评估报告的主要内容和结论, 探讨了对其他国际进程的可能影响。评估报告在IPBES概念框架的基础上, 厘清了土地退化的概念与内涵, 全面梳理了土地退化对人类生活质量的影响, 阐明了土地退化的现状和进程, 分析了直接和间接驱动因素与土地退化的作用, 揭示了土地退化与人类福祉的关系, 提出了土地退化和恢复的对策建议。该项评估将为各国决策者制定政策工具提供最有效的技术支撑, 为相关国际进程谈判提供重要的科学参考。中国作为生物多样性大国, 应重视IPBES的评估机制并积极参与, 加强促进生物多样性和生态系统服务领域的科学成果转化, 适时针对国内关键问题启动相关评估, 促进我国生态文明建设和山水林田湖草系统治理, 实现美丽中国的建设目标。

**关键词:** 土地退化和恢复; 生物多样性; 生态系统服务; 人类福祉; IPBES

## IPBES thematic assessment on land degradation and restoration and its potential impact

Boya Zhang, Yuxue Pan, Jing Xu, Yu Tian\*

Biodiversity Research Center, Chinese Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012

**Abstract:** With increasing international concern for biodiversity and human well-being, land degradation has increasingly become the foci of international conventions and processes. In the 2014–2018 Work Program of Intergovernmental Science–Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES), “Land degradation and restoration” was included as one of the three major thematic assessment activities. The assessment report was completed by three hundred experts around the world in three years and adopted at the sixth plenary meeting of IPBES in March 2018. This article outlines the main contents and conclusions of the assessment, discusses possible impacts on other international processes, and proposes future work within our country. Based on the conceptual framework of IPBES, the assessment report comprehensively clarified the impact of land degradation on human life quality, the status and progress of land degradation, the role of direct and indirect drivers on land degradation, the relationship between land degradation and human well-being, and proposed suggestions for mitigating land degradation and promoting restoration. The assessment will provide policy makers in various countries with effective technical support for formulating policy tools and scientific references for negotiation of relevant international processes. As a country with rich biodiversity, China should accord importance to IPBES assessment mechanism and actively participate in strengthening the promotion of scientific achievements in the field of conserving biodiversity, initiate assessment on key domestic issues related to biodiversity and ecosystem services in a timely manner, to promote the construction of ecological civilization in our country, adopt a holistic approach to conserving our mountains, rivers, forests, farmlands, lakes, and grasslands, achieve the construction goal of beautiful China.

**Key words:** land degradation and restoration; biodiversity; ecosystem services; human well-being; IPBES

收稿日期: 2018-04-13; 接受日期: 2018-06-27

基金项目: 生态环境部生物多样性调查与评估专项(2096001006)

\* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: tianyu@craes.org.cn

土地作为地球上一切生物赖以生存的必要条件之一,其健康状况是保护生物多样性和维持生态系统服务稳定输出的重要因素。土地退化是目前全球(除南极洲外)各大洲均面临的重要问题,是涉及人类及其他生命形式福祉的核心要素之一(Stavi & Lal, 2015)。土地退化往往会造成土地生产能力下降、人口迁移、粮食安全威胁、生物多样性丧失和生态系统被破坏(Eswaran et al, 2001)。因此,了解土地等自然资源的健康现状,开展土地退化和恢复驱动因素的分析研究,确定陆地生态系统面临的威胁,并运用模型方法预测其未来变化趋势,对于全球生物多样性保护、维持生态系统的活力及增强人类福祉有着重要的意义(兰存子等, 2015; 田瑜等, 2016; Díaz et al, 2018)。

2013年12月,在土耳其安塔利亚召开的生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台(Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, IPBES)第二次全体会议将“土地退化和恢复”作为优先启动的专题评估项目(马克平, 2012; IPBES, 2013)。该评估是回应中国、法国、意大利、挪威、《联合国防治荒漠化公约》(UNCCD)、《生物多样性公约》(CBD)以及德国生物多样性研究科学政策平台(NEFO)等成员国和利益攸关方,向IPBES提出的开展土地退化和恢复专题评估建议。IPBES开展土地退化和恢复专题评估,将为各国决策者制定政策提供参考准则和技术支撑,同时促进和支持《联合国防治荒漠化公约》《生物多样性公约》等相关国际议程之间的协同增效。百余位核心作者历时3年完成了评估报告,于2018年3月IPBES第六次全体会议上最终审议并通过了该评估报告,发布了其决策者摘要。

本文将IPBES概念框架及工作方案为基础,系统阐述IPBES全球土地退化和恢复评估的由来、主要内容及结论,分析该评估目前存在的问题以及评估结果对IPBES和其他相关进程的可能影响,并重点分析该评估对我国土地退化和恢复研究的影响,为我国未来工作提出有针对性的政策建议。

## 1 评估报告的主要内容

土地退化与恢复评估报告首先明确了评估范围和相关概念的含义,提出了避免、减少和扭转土地退化的方法,以及土地恢复对于自然惠益、人类

福祉和生活质量的重要意义;探讨了土地退化和恢复的概念、看法和不同的世界观。其次,分析了土地退化的成因和有利于恢复的驱动因素,评估了土地退化和恢复的现状和趋势,以及生物多样性和生态系统功能的响应变化;探讨了土地退化和恢复对人类福祉变化产生的影响,对生态系统服务和功能的改变,以及对人类的福祉和良好生活质量的影响。第三,评估运用情景和模型对未来30年土地退化和恢复进行了预测,以提醒决策者关注全球变化的未来影响。最后,评估提出了以相关政策和决策为基础的评估工具、技术和行动,旨在减少土地退化和促进恢复。评估报告分8个章节及一份凝练了报告主要结论和政策建议的决策者摘要(IPBES, 2018)。

### 1.1 土地退化的现状

土地退化是指生物多样性和生态系统功能和服务持续下降甚至丧失而导致的一种土地状况,并且这种状况在短时间内无法完全自主恢复(Eswaran et al, 2001)。据IPBES估计,人类活动导致的土地退化威胁着全球约32亿人的福祉,可能导致地球物种再一次发生大量灭绝。土地退化影响下的全球生态系统服务所带来的经济损失高达10.6万亿美元/年(ELD, 2015),约占2010年全球国内生产总值(GDP)的10%以上。目前地球表面没有受到人类活动的干扰的区域不足1/4,预计到2050年,这一比例将下降到不足10%,这些区域主要集中在不适合人类利用或居住的沙漠、山区、苔原和极地地区。湿地退化特别严重,自1900年以来全球有54%的湿地损失。

### 1.2 土地退化对生物多样性和生态系统服务的影响

土地退化对生物多样性和人类福祉的影响最直接的表现: 野生物种数量的减少所导致的生物多样性衰退,全球土壤有机碳的流失所导致的生态系统功能受损,以及土地生产力下降对于地方和区域粮食安全造成的威胁。除此之外,土地退化还会通过引起气候变化、生物入侵或人口迁徙等对生态系统和生物多样性产生间接影响。评估报告预测到2050年时,土地退化和气候变化这两个因素将会使全球作物产量平均减少10%,某些区域甚至减产50%。由于土地生产力下降,特别是在干旱地区将更容易引发社会冲突。土地退化和气候变化还可能迫使全球发生大规模的人口迁移。全球城市化趋势同样在改变人与环境的关系,城市化进程虽然提高

了人类对水和燃料等资源的利用效率,但同时也带来了土地退化等环境问题。

### 1.3 土地退化的主要驱动因素

评估报告中土地退化的驱动力主要可归纳为两类:一类是直接作用于自然环境并使其发生改变的驱动因素,主要包括过度放牧、农业迅速发展、天然林退化、其他自然资源开采、外来种入侵、工业发展、基础设施建设及城市化加剧等;而另一类则是通过作用于一个或多个直接因素来触发环境状况的改变,例如人口数量增多、密度增大以及气候变化等因素。

评估报告指出,农田、牧场迅速扩张和管理的不可持续性,是全球土地退化最直接的驱动因素之一。发达国家的高消费方式以及发展中国家和新兴经济体消费水平的提高,也在一定程度上加剧了全球土地退化的进程。土地退化是加速气候变化的因素之一,而同时气候变化可以增加土地退化的影响,降低土地恢复方案的可行性。土地退化进程会因气候变化的影响而加剧,气候变化可能会引发土壤侵蚀、极端天气事件发生频率增加、森林火灾风险增大、外来物种入侵加剧,同时还可能带来病虫害和病原体分布的变化,从而影响土地退化进程。

### 1.4 土地恢复的对策建议

评估报告指出,现有的多边环境协定及全球进程,包括《联合国防治荒漠化公约》、《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC)、《生物多样性公约》及“联合国可持续发展目标(SDGs)”等,提供了全球范围内前所未有的巨大平台,以便各国共同采取行动遏止和扭转土地退化。目前,全球许多地区采取的土地退化预防措施,以及针对已退化土地的生态功能与生物多样性恢复措施已取得初步成效。政府、决策机构及相关土地管理者需要掌握足够的信息才能对土地进行长期有效的管理;各国开展土地恢复技术研究的关键信息来源和技术支持则需要有效的监测手段、调查措施和充足的资金保障。同时,废止导致土地退化的不当奖励措施,制定合理的激励措施,有助于推动土地可持续管理的实践进程。政府、决策者机构、土地管理者、科研工作者,特别是地方社区居民都参与到制订、实施和评价更可持续的土地管理措施中来,这将在维持生物多样性和人类福祉中起到关键性的作用。

评估报告指出,有多种市场和非市场机制可缓

解土地退化和促进土地恢复。其中生态系统服务付费、农业补贴、环保项目招标和生物多样性补偿等市场机制,可以有效地缓解土地退化和促进土地恢复;但此类政策的有效实施需要强化体制能力和加强监管,以保证恢复成效。此外,个人或地方社区依据国家法律在适当程度上享有安全的土地保有、财产权和土地使用权,是采取行动防止土地退化和生物多样性丧失以及恢复已退化土地的重要条件。评估报告还指出消费形态、人口增长、科技和服务模式的重大变革,可以有助于避免、减少和扭转土地退化,实现能源、水和生计安全,同时缓解和适应气候变化,遏止生物多样性丧失。

## 2 评估对其他全球多边环境进程的潜在影响

从全球的角度出发,遏止和扭转土地退化是减缓和阻止生物多样性丧失和生态系统恶化的基本要求,也是里约三公约(UNCCD、UNFCCC和CBD),以及联合国可持续发展目标直接或间接提出的目标(Cowie et al, 2011),而土地退化和恢复评估提供的改善和解决土地退化、荒漠化和已退化土地恢复问题的各项措施必将为实现里约三公约的战略计划以及制定后续目标提供科学依据。

在UNCCD的工作背景下,由于IPBES土地退化和恢复评估报告反映了全球土地退化状况,揭示了全球土地退化的驱动力及其对生物多样性和人类福祉的影响,从而为有效制定恢复政策措施提供了重要的科学信息源,将有助于政府、社会各界就如何遏制和扭转土地退化做出最佳的知情决策,从而推动实现公约“至2030年实现土地退化零增长”的目标。

IPBES土地退化和恢复评估阐明了土地退化和气候变化的相互作用机制,为推动实现UNFCCC框架下“全球气温升高幅度控制在2°C的范围之内”的目标,促进在避免、减少和逆转土地退化的基础上形成最具成本效益的温室气体减排计划提供了多学科知识基础,同时也为公约下一步进程提供了科学指导。

IPBES土地退化和恢复评估报告确定了陆地生态系统面临的威胁,并根据全球案例提供了一系列旨在减少环境、社会和经济风险以及土地退化影响的最佳解决方案,这无疑将有助于实现“生物多样性爱知目标”。但根据目前IPBES土地退化和恢复专



题评估报告的结果来看, 想要实现“生物多样性爱知目标”中“到2020年恢复至少15%的退化生态系统”目标, 前景不容乐观。评估报告指出, 土地退化和恢复是一种相对的概念, 需要参考具体状态来检验和评估退化的程度和恢复的进展, 评估提出设立土地退化参考基线, 并以此为基础开展评估及模型模拟预测, 其结果将对CBD等国际公约科学合理地确立2020年后新目标框架起到重要的参考和推动作用(孙新章, 2016)。

另外, IPBES土地退化和恢复评估与联合国可持续发展目标高度相关。联合国可持续发展目标将防治荒漠化和土地退化纳入第15.3项目标, 提出到2030年实现土地退化零增长, 虽然有证据表明人类在2030年前遏止和扭转土地退化的目标将难以实现, 但报告提出了避免、减少和扭转土地退化的有效措施, 对未来可持续发展目标进一步提出土地恢复对策方案和相关政策建议有着重要指导作用, 对实现SDGs有着重要的推进作用。

### 3 评估对我国的影响及存在问题

近年来, 我国推进了一系列土地资源保护和退化土地修复工作。作为“全球干旱地区土地退化评估项目”六个示范国之一, 我国开展了一系列监测和评估工作, 恢复案例得到了国际广泛好评(江泽慧, 2013)。2016年, 国务院印发《土壤污染防治行动计划》, 简称“土十条”; 科技部开展脆弱地区土地与生态恢复的专项行动; 2017年, 国务院提出开展第三次全国土地资源调查, 全面查清当前全国土地利用状况, 掌握真实准确的土地基础数据, 健全土地调查、监测和统计制度; 党的十九大也提出了“开展国土绿化行动, 推进荒漠化、石漠化、水土流失综合治理, 强化湿地保护和恢复”。

尽管如此, 我国目前土地退化现状仍不容乐观, 主要存在以下几个方面的问题: (1)相关法律法规不完善, 缺乏国家统一的政策来协调各部门统一行动, 各类职权分属国土资源、农业、林业和水利等部门, 阻碍了土地退化的综合治理、协调监管和防治工作成效; (2)土地退化治理的激励措施较为单一, 不仅限制了对土地退化防治机理的科学研究, 同时对恢复社区的居民补贴不足, 影响恢复措施的实施效果; (3)我国不乏围绕土地退化的影响因素展开的研究, 但是缺乏对其进一步梳理、分类与总结, 没有形成

针对各退化类型和方式的驱动因素研究的理论成果; (4)公众参与度低, 国际交流与合作有待进一步加强; (5)资金支持方面也需要落实, 进一步拓宽渠道。

### 4 对我国相关工作的建议

基于上述问题, 就目前我国土地退化防治和恢复工作提出如下建议。

#### 4.1 重视IPBES和其他国际评估机制, 加强能力建设与资金投入

UNCCD、UNFCCC、CBD、《关于特别是作为水禽栖息地的国际重要湿地公约》(《拉姆萨尔湿地公约》)等国际协定都有制止和扭转土地退化的条款和规定。除此之外, 必须呼吁和鼓励各国在国家 and 地方层面做出更大的承诺和开展更有效的合作, 来利用和执行这些机制。因此, 我国应更加重视IPBES等全球和区域尺度的评估机制, 解析其概念框架, 掌握其工作模式, 运用其评价方法, 在全国尺度及不同生态地理区域内开展土地退化现状评估, 查明各区域内土地退化的现状, 评定区域退化程度及其未来演变趋势, 确定其可能的影响及应对策略, 为进一步开展土地退化监测、土地恢复技术研究及制定恢复政策提供基础数据支撑(Hotes & Opgenoorth, 2014; 田瑜等, 2015)。在投入资金的同时, 应借鉴评估中提出的社区参与、政府与其他机构合作等模式, 建立完善市场化、多元化生态补偿机制。

#### 4.2 制定土地恢复的战略规划, 建立健全监管体系

结合IPBES评估结果与国外的实践经验, 针对我国目前土地退化和恢复存在的重点问题, 制订土地退化防治长远战略规划, 全面统筹规划, 构建完善、可持续的政策体系和多部门综合协调机制, 开展和实施土地退化防治和土壤保护行动, 共享数据信息, 进行土地可持续管理的政策改革。统一制订和实施有效政策来促进监管和实施激励, 形成联动机制来遏止和扭转土地退化。在国务院机构改革的方案实施以来, 组建了自然资源部、生态环境部, 统筹了职权, 明确了监管职能, 对未来我国土地退化的综合治理、协调监管和防治工作将起到积极的作用。在目前已有的土地管理法、水土保持法、防沙治沙法等基础上, 推进土地退化防治的相关标准和技术规范研究, 完善现有的相关土地保护法律体系, 让监管有据可依。制定政策授予和保护个人和

集体土地所有权, 增强地方社区的职能, 认可传统知识和地区习俗在可持续管理土地中的作用。

### 4.3 深入开展致危因素分析, 着力加强土地退化和污染防治研究

整合科研资源, 开展土地退化致危因素分析, 加强土地退化和污染防治研究。借鉴IPBES土地退化评估报告, 着重开展土地退化对淡水和海洋生态系统、人类健康和福祉以及传染病传播的影响研究; 开展气候变化, 社会、经济和政策进程与土地退化之间的相互作用关系的研究; 为促进退化土地恢复和生态系统功能恢复和保护, 提供有力的基础数据和科技支撑。同时, 借鉴国外已有的监测体系与我国目前的监测技术相结合, 扬长避短, 运用地理信息系统、遥感和信息网络、大数据等现代集成技术手段, 建立土地退化监测和预警系统, 监测全国及不同生态地理区域尺度上的土地退化类型、范围及程度, 动态模拟土地退化的趋势并进行预报, 发挥其预警作用。运用情景和模型工具, 开展不同政策情景下土地变化对生物多样性和生态系统服务潜在影响的变化趋势的预测和研究工作, 为遏制土地退化和恢复政策的制定实施国家层面的大规模协调行动计划。另外, 加大适用技术推广力度, 建立健全技术体系, 完善科技成果转化机制, 推动治理与修复产业发展。

### 4.4 进一步扩大宣传, 加强国际交流与合作

加大宣传力度, 鼓励公众参与土地退化防治的科普活动, 提升公众对土地健康、生物多样性保护和生态系统重要性的认知。同时, 积极参与IPBES等国际进程, 与欧美等国家建立相关领域的合作与交流, 借鉴其规范的评估程序和先进的方法, 提高我国在土地退化和恢复专题领域的研究能力。借助CBD第十五次缔约方大会、UNCCD缔约方大会、IPBES全体会议等国际会议的平台, 将我国荒漠化、石漠化、水土流失防治的成功经验和治理模式转化为国际话语权, 扩大我国在国际事务中的代表性和发言权, 贡献中国智慧和力量; 继续发挥负责任大国作用, 承担环境责任, 履行环境公约, 落实一系列重要国际战略思想, 积极参与全球治理体系改革和建设。另一方面, 邀请“一带一路”沿线国家, 共同协商建立合作机制, 加强信息共享交流与国际合作, 共同推动“一带一路”沿线土地退化治理, 为推动实现全球土地退化零增长目标作出贡献。

### 参考文献

- Cowie AL, Penman TD, Gorissen L, Winslow MD, Lehmann J, Tyrrell TD, Twomlow S, Wilkes A, Lal R, Jones JW (2011) Towards sustainable land management in the drylands: Scientific connections in monitoring and assessing dryland degradation, climate change and biodiversity. *Land Degradation & Development*, 22, 248–260.
- Díaz S, Pascual U, Stenseke M, Martín-López B, Watson RT, Molnár Z, Hill R, Chan KMA, Baste IA, Brauman KA, Polasky S, Church A, Lonsdale M, Larigauderie A, Leadley PW, Oudenhoven APE, Plaat F, Schröter M, Lavorel S, Aumeeruddy-Thomas Y, Bukvareva E, Davies K, Demissew S, Erpul G, Failler P, Guerra CA, Hewitt CL, Keune H, Lindley S, Shirayama Y (2018) Assessing nature's contributions to people: Recognizing culture, and diverse sources of knowledge, can improve assessments. *Science*, 359, 270–272.
- ELD Initiative (2015) The Value of Land: Prosperous Lands and Positive Rewards Through Sustainable Land Management. [http://www.eld-initiative.org/fileadmin/pdf/ELD-main-report\\_en\\_10\\_web\\_72dpi.pdf](http://www.eld-initiative.org/fileadmin/pdf/ELD-main-report_en_10_web_72dpi.pdf) (accessed on 2018-07-26)
- Eswaran H, Lal R, Reich PF (2001) Land degradation: An overview. In: Responses to Land Degradation (eds Bridges EM, Hannam ID, Oldeman LR, Pening de Vries FWT, Scherr SJ, Sompatpanit S), pp. 20–35. Oxford Press, New Delhi, India.
- Hotes S, Opgenoorth L (2014) Trust and control at the Science–Policy Interface in IPBES. *BioScience*, 64, 389–393.
- Intergovernmental Science–Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) (2013) Report of the Second Session of the Plenary of the Intergovernmental Science–Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, pp. 1–96. Antalya, Turkey. [https://www.ipbes.net/system/tdf/downloads/IPBES\\_2\\_17\\_en\\_0.pdf?file=1&type=node&id=14621](https://www.ipbes.net/system/tdf/downloads/IPBES_2_17_en_0.pdf?file=1&type=node&id=14621) (accessed on 2018-03-28)
- Intergovernmental Science–Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) (2018) Summary for Policymakers of the Thematic Assessment of Land Degradation and Restoration of the Intergovernmental Science–Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. [https://www.ipbes.net/system/tdf/downloads/ipbes-6-15-add.5\\_spm\\_ldr\\_english.pdf?file=1&type=node&id=23015](https://www.ipbes.net/system/tdf/downloads/ipbes-6-15-add.5_spm_ldr_english.pdf?file=1&type=node&id=23015) (accessed on 2018-12-14)
- Jiang ZH (2013) Research on comprehensive monitoring and evaluation index system of land degradation in China's arid areas. *World Forestry Research*, 26(6), 1–4. (in Chinese with English abstract) [江泽慧 (2013) 全球变化背景下土地退化防治的挑战与创新. *世界林业研究*, 26(6), 1–4.]
- Lan CZ, Tian Y, Xu J, Li JS (2015) Conceptual framework and operational model of Intergovernmental Science–Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. *Biodiversity Science*, 23, 681–688. (in Chinese with English abstract)

[兰存子, 田瑜, 徐靖, 李俊生 (2015) 生物多样性和生态系统服务政府间科学-政策平台的概念框架和运作模式. 生物多样性, 23, 681–688.]

Ma KP (2012) Intergovernmental Science–Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES): An IPCC for biodiversity. *Biodiversity Science*, 20, 409–410. (in Chinese) [马克平 (2012) IPBES: 生物多样性领域的IPCC. 生物多样性, 20, 409–410.]

Stavi I, Lal R (2015) Achieving zero net land degradation: Challenges and opportunities. *Journal of Arid Environments*, 112, 44–51.

Sun XZ (2016) China's strategy to participating in the 2030 Agenda for Sustainable Development. *China Population, Resources and Environment*, 26(1), 1–7. (in Chinese with English abstract) [孙新章 (2016) 中国参与2030年可持续发展议程的战略思考. 中国人口·资源与环境, 26(1), 1–7.]

Tian Y, Lan CZ, Xu J, Li XS, Li JS (2016) Assessment of pollution and China's implementation strategies within the IPBES framework. *Biodiversity Science*, 24, 1084–1090. (in Chinese with English abstract) [田瑜, 兰存子, 徐靖, 李秀山, 李俊生 (2016) IPBES框架下的全球传粉评估及我国对策. 生物多样性, 24, 1084–1090.]

Tian Y, Li JS, Lan CZ, Li XS (2015) Interpretation of the work programme of Intergovernmental Science–Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services for the period 2014–2018. *Biodiversity Science*, 23, 543–549. (in Chinese with English abstract) [田瑜, 李俊生, 兰存子, 李秀山 (2015) 生物多样性和生态系统服务政府间科学-政策平台2014–2018年工作方案解析. 生物多样性, 23, 543–549.]

United Nations (2015) Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld/publication>. (accessed on 2018-03-28)

Vitousek PM, Naylor R, Crews T, David MB, Drinkwater LE, Holland E, Johnes PJ, Katzenberger J, Martinelli LA, Matson PA (2009) Nutrient imbalances in agricultural development. *Science*, 324, 1519–1520.

Zhou XB, Zhang YM (2009) Review on the ecological effects of N deposition in arid and semi-arid areas. *Acta Ecologica Sinica*, 29, 3835–3845. (in Chinese with English abstract) [周晓兵, 张元明 (2009) 干旱半干旱区氮沉降生态效应研究进展. 生态学报, 29, 3835–3845.]

(责任编辑: 薛达元 责任编辑: 时意专)