



•编者按• 创刊30周年纪念专辑

中国生物多样性研究的30个核心问题

张健¹, 孔宏智², 黄晓磊³, 傅声雷⁴, 郭良栋⁵, 郭庆华⁶, 雷富民⁷, 吕植⁸, 周玉荣², 马克平^{2*}

1. 华东师范大学生态与环境科学学院, 浙江天童森林生态系统国家野外科学观测研究站/全球变化与复杂生态系统研究中心, 上海 200241; 2. 中国科学院植物研究所, 北京 100093; 3. 福建农林大学植物保护学院闽台作物有害生物生态防控国家重点实验室, 福州 350002; 4. 河南大学地理与环境学院, 河南开封 475004; 5. 中国科学院微生物研究所真菌学国家重点实验室, 北京 100101; 6. 北京大学地球与空间科学学院遥感与地理信息研究所, 北京 100871; 7. 中国科学院动物研究所, 北京 100101; 8. 北京大学生命科学学院自然保护与社会发展研究中心, 北京 100871

摘要: 在联合国《生物多样性公约》生效30年和《生物多样性》创刊30周年之际, 我们通过问卷调查从281名中国研究人员收集到763个生物多样性相关的研究问题, 通过归纳与整理, 并参考英国生态学会提出的100个生态学基本问题, 从中筛选出30个核心问题。这些问题涉及7个方面: 演化与生态(6个问题)、种群(4个问题)、群落与多样性(7个问题)、生态系统与功能(3个问题)、人类影响与全球变化(4个问题)、方法与监测(4个问题)、生物多样性保护(2个问题)。前5个方面主要聚焦在物种形成、生物多样性维持等的关键过程与机制、生物多样性与生态功能关系、全球变化对生物多样性的影响机制等, 第6方面主要涉及生物监测与预测、数据共享等, 第7方面涉及多样性保护、自然与人类健康关系这两个与公众息息相关的重要话题。这30个问题的筛选难免存在偏颇, 希望能以此为契机, 促进我国生物多样性研究人员对本领域核心问题的深入思考与探讨。

关键词: 演化; 种群生态学; 群落生态学; 生态系统功能; 生物多样性监测; 生物多样性保护

张健, 孔宏智, 黄晓磊, 傅声雷, 郭良栋, 郭庆华, 雷富民, 吕植, 周玉荣, 马克平 (2022) 中国生物多样性研究的30个核心问题. 生物多样性, 30, 22609. doi: 10.17520/biods.2022609.

Zhang J, Kong HZ, Huang XL, Fu SL, Guo LD, Guo QH, Lei FM, Lü Z, Zhou YR, Ma KP (2022) Thirty key questions for biodiversity science in China. Biodiversity Science, 30, 22609. doi: 10.17520/biods.2022609.

Thirty key questions for biodiversity science in China

Jian Zhang¹, Hongzhi Kong², Xiaolei Huang³, Shenglei Fu⁴, Liangdong Guo⁵, Qinghua Guo⁶, Fumin Lei⁷, Zhi Lü⁸, Yurong Zhou², Keping Ma^{2*}

1 Center for Global Change and Complex Ecosystems, Zhejiang Tiantong Forest Ecosystem National Observation and Research Station, School of Ecological and Environmental Sciences, East China Normal University, Shanghai 200241

2 Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093

3 State Key Laboratory of Ecological Pest Control for Fujian and Taiwan Crops, College of Plant Protection, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002

4 Key Laboratory of Geospatial Technology for Middle and Lower Yellow River Regions, Ministry of Education; College of Geography and Environmental Science, Henan University, Kaifeng, Henan 475004

5 State Key Laboratory of Mycology, Institute of Microbiology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101

6 Institute of Remote Sensing and Geographic Information System, School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing 100871

7 Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101

8 Center for Nature and Society, College of Life Sciences, Peking University, Beijing 100871

ABSTRACT

Aim & Method: On the 30th anniversary of the implementation of the Convention on Biological Diversity and the establishment of the journal *Biodiversity Science*, we conducted questionnaire surveys from Chinese biodiversity researchers to gather the crucial questions in biodiversity science, and finally collected 763 questions from 281 participants.

Results: By summarizing these questions and using the 100 fundamental questions of British Ecology Society as the

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: kpma@ibcas.ac.cn

reference, we narrowed down these questions into 30 key questions, which is grouped into 7 subjects: evolution and ecology (6 questions), populations (4 questions), communities and diversity (7 questions), ecosystems and functioning (3 questions), human impacts and global change (4 questions), methods and monitoring (4 questions), and biodiversity conservation (2 questions). The first five subjects mainly focus on the important processes and mechanisms of speciation and biodiversity maintenances, the relation between biodiversity and ecosystem functioning, and the consequences of global change in biodiversity; the sixth subject focus on biodiversity monitoring, prediction and data sharing; the last subject covers the key issues in conservation and the connections between nature and human health.

Prospect: Although some biases certainly exist in the selection of these questions, we hope that the 30 key questions could stimulate critical thinking and promote in-depth discussions among Chinese biodiversity researchers.

Key words: evolution; population ecology; community ecology; ecosystem functioning; biodiversity monitoring; biodiversity conservation

科学研究是不断发现问题、提出问题和解决问题的过程,凝练核心科学问题对一个学科的发展至关重要。2005年, *Science*在创刊125周年之际发布了125个最具挑战性的科学问题,其中不少与生态学和生物多样性密切相关(Kennedy & Norman, 2005)。2013年,英国生态学会在学会成立100周年之际筛选了生态学研究的100个基本问题(Sutherland et al, 2013),为生态学发展提供了重要参考。

1992年6月1日,《生物多样性公约》由联合国环境规划署发起的政府间谈判委员会第七次会议在内罗毕通过,成为生物多样性领域的重要里程碑。在过去30年间,中国生物多样性科学与保护取得了快速发展,研究队伍不断壮大,自然保护地体系不断完善,新的研究问题也不断涌现。为梳理中国生物多样性领域在过去30年的发展,在《生物多样性》创刊30周年之际,编委会组织国内本领域的学者来共同凝练生物多样性研究的30个核心问题。通过两轮的问题征集,共收到来自281名研究人员的763个问题。其中,来自编委会成员和特约顾问(共72人)的233个,来自其他研究者(共209人)的530个。这些问题涉及到生物多样性研究的诸多领域,从中筛选与归纳出30个核心问题,并非易事。参考英国生态学会的100个生态学基本问题的分类方式(Sutherland et al, 2013),并结合所收集问题的一些特点,我们从演化与生态、种群、群落与多样性、生态系统与功能、人类影响与全球变化、方法与监测、生物多样性保护7个方面筛选出30个核心问题。

1 演化与生态

生物学家杜布赞斯基有句名言:“如果不考虑

演化,生物学的一切都没有意义”(Nothing in biology makes sense except in light of evolution)。生物多样性的研究当然也不例外。问题1和2在专家推荐的问题中多次出现,也包括在2005年*Science*列出的125个问题之中。物种是演化的基本单位(Simpson, 1951),也是生物多样性的基本单元。本刊2016年第9期专门组织专题对“什么是物种”(问题1)进行讨论,指出“生物多样性事业需要科学、可操作的物种概念”(洪德元, 2016)。关于物种形成(问题2)和多样化机制(问题3)的研究历时已久,新的证据和假说不断涌现(薛成等, 2022)。在我国,东亚地区生物多样性的起源和演化问题尤为重要,季风气候、地理隔离、生态过程等如何影响并塑造当前的生物多样性格局仍是生物多样性研究的一个中心问题。同时,自然杂交、性选择、表型可塑性等都会影响物种形成(问题4-6),其内在的演化机制与生态意义仍待深入探究。

(1)什么是物种?

(2)什么决定了物种多样性?

(3)重要生物类群起源和多样化的过程、动因和机制是什么?

(4)自然杂交在生物适应性进化中的作用有哪些?

(5)生物性别多样性的演化机制与生态意义是什么?

(6)表型可塑性如何影响生物演化的路径?

2 种群

作为研究种群生长、存活、繁殖、灭绝等的分支学科,种群生态学是生态学中最成熟的分支,这与其坚实的数学根基和聚焦于物种分布和多度这些最基础的问题密切相关(Krebs, 2015)。生物种群

对环境的适应机制(问题7)是种群生态学的核心问题。在极端环境下,生物可能表现出不同的适应策略(问题8)。厘清种群衰减或灭绝的原因与机制(问题9)是开展物种保护的前提。理解上述问题以及提出切实可行的种群恢复策略都需要对种群生活史的深入了解(问题10)。本刊近年来针对不同生物种群组织了多个专刊来推动种群生态与保护的工作,如:2016年第5期“中国脊椎动物红色名录”(蒋志刚等,2016)、2017年第7期“中国高等植物红色名录”(覃海宁等,2017)、2020年第3期“中国极小种群野生植物保护”(许玥和臧润国,2022)、2022年第9期“中国猫科动物研究与保护”(李晟和王天明,2022)。

(7)物种对环境的适应机制是什么?

(8)物种如何适应极端环境(如:高山、深海等)?

(9)生物濒危或灭绝的原因与机制是什么?

(10)哪些生活史特征决定了自然种群的完整性及其对扰动的恢复力?

3 群落与多样性

自哈钦森在20世纪60年代提出“浮游生物悖论”(Hutchinson, 1961),群落生态学迎来了持续30多年的百家争鸣,新的理论和假说不断涌现(Vellend, 2016; 王少鹏等, 2022),但始终缺乏普适性的理论,以至于英国生态学家John Lawton指出“群落生态学一片混乱”(Community ecology is a mess)(Lawton, 1999)。2001年,Stephen Hubbell的专著《生物多样性与生物地理学的统一中性理论》(*The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography*)开启了一轮新的论战(Hubbell, 2001),但关于“生物多样性是如何维持的”(问题11)目前仍缺少一个统一的理论体系(Vellend, 2016; Leibold & Chase, 2018; 王少鹏等, 2022)。稀有种作为群落物种组成的主体,理解其在维持多样性和生态系统功能中的作用(问题12)对于生物多样性研究和保护都具有重要意义。生物间相互作用是驱动群落过程与动态的关键,但关于同一营养级(种内和种间竞争)和不同营养级之间如何共同作用来影响群落构建尚不明确(问题13)。当前物种共存研究多聚焦在较小的局域群落,生态学家逐渐认识到局域尺度的多样性受到区域物种库、地质历史等的影响(Ricklefs, 1987);局域群

落的多样性是否以及如何受到区域群落的调控(问题14)对于理解多尺度的生物多样性维持至关重要。山地环境的异质性被认为是造成热带高生物多样性形成与维持的重要机制之一(Janzen, 1967),理解山地区域高的生物多样性及其成因(问题15)对我国和全球生物多样性保护都具有重要意义(Mi et al, 2021)。随着基因组学技术的快速发展,动植物与微生物共生关系(问题16)成为生物间相互作用研究的热点话题(高程等, 2022)。由于微型生物在演化策略、扩散方式等方面与大型生物存在较大差异,宏生态学(macroecology)的格局及其驱动机制在这些类群之间是否存在差异(问题17)?检验这一问题对于寻求生态学的普适性规律有重要意义(Vellend, 2016)。

(11)生物多样性是如何维持的?

(12)稀有物种对维持生物多样性和生态功能有多重要?

(13)生物间相互作用与营养级联如何影响生物多样性?

(14)局域群落的物种多样性在多大程度上受到扩散限制和区域物种库的调控?

(15)为什么山地系统具有更高的物种多样性?

(16)动植物与共生微生物的协同进化机制是什么?

(17)宏生态格局(如:物种-多度分布、种-面积关系)是否同样适用于大型生物和微型生物,以及同样的格局是否源于同样的生态过程?

4 生态系统与功能

生物多样性与生态系统功能关系是近年来生态学研究的热点话题。这一主题在我们收集的问题中出现次数也非常多。生物多样性与生态系统功能关系已通过控制实验和野外调查数据等进行检验,多数结果发现植物多样性越高,群落生产力越高、生态系统稳定性和抗入侵能力等也越强,但对结果的解释仍存在诸多争议,主要表现在实验或采样设计的有效性、多样性对生态系统功能作用的机理、野外与控制实验结果的一致性等(徐炜等, 2016)。不同营养级的生物多样性对生物系统多功能性的影响在很长时期内仍将是生态学的热点之一(问题18),尤其是地下生物多样性(土壤动物、微生物等)对地上生物的反馈机制及其对生态系统功能的影响机

制(傅声雷等, 2022) (问题19)。物种功能性状因代表了生物多样性的功能维度, 可能与生态功能存在更强的联系, 该假说的真实性尚需进一步的检验(问题20)。

(18)生物多样性变化如何影响和改变生态系统功能?

(19)地上与地下生物多样性的关联及其对生态系统功能的影响是怎样的?

(20)物种功能性状多大程度上可以预测群落特征以及生态系统功能变化?

5 人类影响与全球变化

人类活动极大地改变了地球上大部分地方的自然状况, 因人类威胁而濒临灭绝的物种比任何时候都多(IPBES, 2019)。生物入侵(刘艳杰等, 2022)、气候变化(井新等, 2022)、人类活动等正在重塑着局域、区域和全球尺度的生物物种组成、群落结构和生态系统功能(问题21), 一些关键的生物类群则面临着大范围的衰退(问题22)。近年来, 极端气候事件(如干旱、野火等)发生频率不断增加, 这些快速的环境变化对生物群落可能造成极大影响(问题23)。为应对这些急剧变化的环境, 联合国大会提出了“联合国生态恢复十年(2021–2030)”倡议, 退化生态系统的恢复需建立在生态学理论基础之上(问题24)。

(21)生物入侵、气候变化、人类活动等影响生物多样性的内在机制与演化后果是什么?

(22)关键生物类群(大型动物、顶级捕食者、传粉者等)衰退的关键影响因素和驱动机制是什么?

(23)生物群落如何响应与适应不断增加的极端气候事件?

(24)如何确定退化生态系统的修复目标并重建包括复杂营养级的生态系统稳定性与持续性?

6 方法与监测

地球上有多少物种存在(问题25)是生物多样性研究的最基本问题。我国在物种监测和编目等方面开展了大量基础性工作, 为了解我国物种多样性现状提供了重要资料(Mi et al, 2021), 但这些数据在生物类群(如昆虫、苔藓植物、土壤动物等)和地理区域等方面存在较大偏差。近年来, 新监测方法与

技术(如红外相机、遥感、基因组学、公众科学等)在极大地改变着我们的调查方式(问题26), 也在逐渐减少着在物种名录、分布、生活史特征、时间动态等方面的知识空缺(Hortal et al, 2015; 张健, 2017)。除了监测手段的革新, 生物多样性研究也需要在数据分析方法和思维方式上的改变。由于生命系统的复杂性, 生态学家常因研究结果的不可重复性及难以进行尺度推演和预测而备受批评(Currie, 2019), 生物多样性科学的发展需要通过数据分析方法的创新来提高其预测能力(问题27)。同时, 高质量的生物多样性研究也需要海量的、高质量的、可发现、可访问、可互操作和可再用的大数据作为支撑。推动高质量的生物多样性数据共享对于提升生物多样性研究深度和广度、科学制定多样性保护政策至关重要(问题28)。本刊出版的新物种年度报告(如2021年第8期、2022年第8期)、红外相机监测(如2014年第6期、2019年第3期、2021年第9期)、遥感监测(如2018年第8期)、数据论文(如2016年第12期、2021年第9期)等都是在这些方面的探索与努力。

(25)地球上有多少物种? 中国有多少物种?

(26)如何开发和推广适用于生物多样性调查、监测和研究的新方法与新技术?

(27)如何结合多尺度、多类型的监测数据提高对生物多样性相关属性的预测精度?

(28)如何生产和共享高质量的生物多样性数据?

7 生物多样性保护

当前, 全球生物多样性正面临着人类活动、气候变化等的严重威胁。新冠疫情的暴发与蔓延也让我们认识到生物多样性与人类健康的紧密联系, 让我们重新审视人与自然之间的关系(吕植, 2020)。在我们收集到的问题中, 有很多是与生物多样性保护相关的, 涉及到不同生态系统的保护、自然保护地管理、国家公园建设、人类健康等, 我们将这些问题归纳为问题29–30。对于这两个问题的回答, 都没有单一的解决方案, 而是需要建立在上面提到的28个核心问题回答的基础之上, 构建与完善生物多样性科学、保护与管理的网络体系。

(29)如何建立保障生物多样性保护决策和行动科学性和有效性的机制?

(30)生物多样性如何影响人类精神与生理健康?

8 小结

本文从281名研究人员的763个问题中筛选出生物多样性研究的30个核心问题。这些问题部分反映了人们当前对生物多样性研究的认知程度。毋庸置疑, 这些问题的筛选难免存在偏颇。在《生物多样性》创刊30周年之际, 我们仅希望能够以此为契机, 促进我国生物多样性相关的研究人员对本领域核心问题的思考与探讨, 并不断“提出新的问题、新的可能性, 从新的角度来看旧问题”(Einstein & Infeld, 1938), 这样才标志着生物多样性科学的真正进步, 并为生物多样性保护的短期和长远目标与行动提供依据。

致谢: 感谢281名生物多样性研究者对调查问卷的反馈。感谢郝占庆教授的建议与讨论, 感谢华东师范大学王潇然、张然、杨贤宇、陈佳乐、王宇卓、田中平、刘鹏程等帮忙整理问卷。

ORCID

张健  <https://orcid.org/0000-0003-0589-6267>
孔宏智  <https://orcid.org/0000-0002-0034-0510>
黄晓磊  <https://orcid.org/0000-0002-6839-9922>
傅声雷  <https://orcid.org/0000-0003-1231-3461>
郭良栋  <https://orcid.org/0000-0002-5203-3192>
郭庆华  <https://orcid.org/0000-0002-1065-0838>
雷富民  <https://orcid.org/0000-0001-9920-8167>
吕植  <https://orcid.org/0000-0001-7428-2846>
马克平  <https://orcid.org/0000-0001-9112-5340>

参考文献

Currie DJ (2019) Where Newton might have taken ecology? *Global Ecology and Biogeography*, 28, 18–27.
Einstein A, Infeld L (1938) *The Evolution of Physics: The Growth of Ideas from Early Concepts to Relativity and Quanta*. Cambridge University Press, Cambridge.
Fu SL, Liu MQ, Zhang WX, Shao YH (2022) A review of recent advances in the study of geographical distribution and ecological functions of soil fauna diversity. *Biodiversity Science*, 30, 22435. (in Chinese with English abstract) [傅声雷, 刘满强, 张卫信, 邵元虎 (2022) 土壤动物多样性的地理分布及其生态功能研究进展. *生物多样性*, 30, 22435.]
Hong DY (2016) Biodiversity pursuits need a scientific and operative species concept. *Biodiversity Science*, 24, 979–999. (in Chinese with English abstract) [洪德元 (2016) 生物多样性事业需要科学、可操作的物种概念. *生物多样性*, 24, 979–999.]

性, 24, 979–999.]
Hortal J, Bello F, Diniz-Filho JA, Lewinsohn T, Lobo J, Ladle R (2015) Seven shortfalls that beset large-scale knowledge of biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 46, 523–549.
Hubbell SP (2001) *The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography*. Princeton University Press, Princeton.
Hutchinson GE (1961) The paradox of the plankton. *The American Naturalist*, 95, 137–145.
IPBES (2019) Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science–Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES Secretariat, Bonn, Germany.
Janzen DH (1967) Why mountain passes are higher in the tropics? *The American Naturalist*, 101, 233–249.
Jiang ZG, Jiang JP, Wang YZ, Zhang E, Zhang YY, Li LL, Xie F, Cai B, Cao L, Zheng GM, Dong L, Zhang ZW, Ding P, Luo ZH, Ding CQ, Ma ZJ, Tang SH, Cao WX, Li CW, Hu HJ, Ma Y, Wu Y, Wang YX, Zhou KY, Liu SY, Chen YY, Li JT, Feng ZJ, Wang Y, Wang B, Li C, Song XL, Cai L, Zang CX, Zeng Y, Meng ZB, Fang HX, Ping XG (2016) Red List of China's Vertebrates. *Biodiversity Science*, 24, 501–551. (in Chinese and in English) [蒋志刚, 江建平, 王跃招, 张鹗, 张雁云, 李立立, 谢锋, 蔡波, 曹亮, 郑光美, 董路, 张正旺, 丁平, 罗振华, 丁长青, 马志军, 汤宋华, 曹文宣, 李春旺, 胡慧建, 马勇, 吴毅, 王应祥, 周开亚, 刘少英, 陈跃英, 李家堂, 冯祚建, 王燕, 王斌, 李成, 宋雪琳, 蔡蕾, 臧春鑫, 曾岩, 孟智斌, 方红霞, 平晓鸽 (2016) 中国脊椎动物红色名录. *生物多样性*, 24, 501–551.]
Jing X, Jiang SJ, Liu HY, Li Y, He JS (2022) Complex relationships and feedback mechanisms between climate change and biodiversity. *Biodiversity Science*, 30, 22462. (in Chinese with English abstract) [井新, 蒋胜竞, 刘慧颖, 李昱, 贺金生 (2022) 气候变化与生物多样性之间的复杂关系和反馈机制. *生物多样性*, 30, 22462.]
Kennedy D, Norman C (2005) What don't we know? *Science*, 309, 75.
Krebs CJ (2015) One hundred years of population ecology: Successes, failures and the road ahead. *Integrative Zoology*, 10, 233–240.
Lawton JH (1999) Are there general laws in ecology? *Oikos*, 84, 177.
Leibold MA, Chase JM (2018) *Metacommunity Ecology*. Princeton University Press, Princeton.
Li S, Wang TM (2022) Progress in the research and conservation of China's Felidae species. *Biodiversity Science*, 30, 22560. (in Chinese) [李晟, 王天明 (2022) 中国猫科动物研究与保护进展. *生物多样性*, 30, 22560.]
Liu YJ, Huang W, Yang Q, Zheng YL, Li SP, Wu H, Ju RT, Sun Y, Ding JQ (2022) Research advances of plant invasion ecology over the past 10 years. *Biodiversity Science*, 30,

22438. (in Chinese with English abstract) [刘艳杰, 黄伟, 杨强, 郑玉龙, 黎绍鹏, 吴昊, 鞠瑞亭, 孙燕, 丁建清 (2022) 近十年植物入侵生态学重要研究进展. 生物多样性, 30, 22438.]
- Lü Z (2020) Reassess wildlife conservation in the context of public health. *Biodiversity Science*, 28, 539–540. (in Chinese) [吕植 (2020) 重新审视野生动物与公共健康的关系. 生物多样性, 28, 539–540.]
- Mi XC, Feng G, Hu YB, Zhang J, Chen L, Corlett RT, Hughes AC, Pimm S, Schmid B, Shi SH, Svenning JC, Ma KP (2021) The global significance of biodiversity science in China: An overview. *National Science Review*, 8, nwab032.
- Qin HN, Yang Y, Dong SY, He Q, Jia Y, Zhao LN, Yu SX, Liu HY, Liu B, Yan YH, Xiang JY, Xia NH, Peng H, Li ZY, Zhang ZX, He XJ, Yin LK, Lin YL, Liu QR, Hou YT, Liu Y, Liu QX, Cao W, Li JQ, Chen SL, Jin XH, Gao TG, Chen WL, Ma HY, Geng YY, Jin XF, Chang CY, Jiang H, Cai L, Zang CX, Wu JY, Ye JF, Lai YJ, Liu B, Lin QW, Xue NX (2017) Threatened Species List of China's Higher Plants. *Biodiversity Science*, 25, 696–744. (in Chinese and in English) [覃海宁, 杨永, 董仕勇, 何强, 贾渝, 赵莉娜, 于胜祥, 刘慧圆, 刘博, 严岳鸿, 向建英, 夏念和, 彭华, 李振宇, 张志翔, 何兴金, 尹林克, 林余霖, 刘全儒, 侯元同, 刘演, 刘启新, 曹伟, 李建强, 陈世龙, 金效华, 高天刚, 陈文俐, 马海英, 耿玉英, 金孝锋, 常朝阳, 蒋宏, 蔡蕾, 臧春鑫, 武建勇, 叶建飞, 赖阳均, 刘冰, 林秦文, 薛纳新 (2017) 中国高等植物受威胁物种名录. 生物多样性, 25, 696–744.]
- Ricklefs RE (1987) Community diversity: Relative roles of local and regional processes. *Science*, 235, 167–171.
- Simpson GG (1951) The species concept. *Evolution*, 5, 285–298.
- Sutherland WJ, Freckleton RP, Godfray HCJ, Beissinger SR, Benton T, Cameron DD, Carmel Y, Coomes DA, Coulson T, Emmerson MC, Hails RS, Hays GC, Hodgson DJ, Hutchings MJ, Johnson D, Jones JPG, Keeling MJ, Kokko H, Kunin WE, Lambin X, Lewis OT, Malhi Y, Mieszkowska N, Milner-Gulland EJ, Norris K, Phillimore AB, Purves DW, Reid JM, Reuman DC, Thompson K, Travis JMJ, Turnbull LA, Wardle DA, Wiegand T (2013) Identification of 100 fundamental ecological questions. *Journal of Ecology*, 101, 58–67.
- Vellend M (2016) *The Theory of Ecological Communities*. Princeton University Press, Princeton.
- Wang SP, Luo MY, Feng YH, Chu CJ, Zhang DY (2022) Theoretical advances in biodiversity research. *Biodiversity Science*, 30, 22410. (in Chinese with English abstract) [王少鹏, 罗明宇, 冯彦皓, 储诚进, 张大勇 (2022) 生物多样性理论最新进展. 生物多样性, 30, 22410.]
- Xu W, Ma ZY, Jing X, He JS (2016) Biodiversity and ecosystem multifunctionality: Advances and perspectives. *Biodiversity Science*, 24, 55–71. (in Chinese with English abstract) [徐炜, 马志远, 井新, 贺金生 (2016) 生物多样性与生态系统多功能性: 进展与展望. 生物多样性, 24, 55–71.]
- Xu Y, Zang RG (2022) The theoretical and practical research on conservation of Wild Plants with Extremely Small Populations in China. *Biodiversity Science*, 30, 22505. (in Chinese with English abstract) [许玥, 臧润国 (2022) 中国极小种群野生植物保护理论与实践研究进展. 生物多样性, 30, 22505.]
- Xue C, Li BK, Lei TY, Shan HY, Kong HZ (2022) Advances on the origin and evolution of biodiversity. *Biodiversity Science*, 30, 22460. (in Chinese with English abstract) [薛成, 李波卡, 雷天宇, 山红艳, 孔宏智 (2022) 生物多样性起源与进化研究进展. 生物多样性, 30, 22460.]
- Zhang J (2017) Biodiversity science and macroecology in the era of big data. *Biodiversity Science*, 25, 355–363. (in Chinese with English abstract) [张健 (2017) 大数据时代的生物多样性科学与宏生态学. 生物多样性, 25, 355–363.]

(责任编辑: 周玉荣)