

中国生物多样性研究进展

单琼¹, 古鹏², 刘海龙², 崔鑫², 张捷^{1*}

¹东北林业大学, 黑龙江 哈尔滨

²黑龙江多宝山铜业股份有限公司, 黑龙江 黑河

收稿日期: 2022年12月25日; 录用日期: 2023年1月14日; 发布日期: 2023年1月19日

摘要

中国生物资源十分丰富, 在全球生物多样性研究中占有独特地位。近几十年来, 中国高度重视生物多样性研究工作, 我国学者发表了大量生物多样性相关研究文献。本文在总结生物多样性内涵的基础上, 通过文献分析梳理了中国生物多样性研究发展阶段、生物多样性编目、生物多样性信息化和生态安全的主要进展并指出不足之处。在此基础上提出生物多样性研究展望, 包括加强新技术、新方法在生物多样性研究中应用, 全面完善生物多样性大数据平台, 为生物多样性保护提供数据支撑和加强国际合作, 积极牵头国际计划、项目等建议。

关键词

生物多样性, 物种编目, 信息化, 生态安全

Progress in Biodiversity Research in China

Qiong Shan¹, Peng Gu², Hailong Liu², Xin Cui², Jie Zhang^{1*}

¹College of Landscape Architecture, Northeast Forestry University, Harbin Heilongjiang

²Hilongjiang Duobaoshan Copper Industry Co., Ltd., Heihe Heilongjiang

Received: Dec. 25th, 2022; accepted: Jan. 14th, 2023; published: Jan. 19th, 2023

Abstract

China is very rich in biological resources and occupies a unique position in global biodiversity research. In recent decades, China has attached great importance to biodiversity research work, and Chinese scholars have published a large number of biodiversity-related research literature. Based on the summary of the connotation of biodiversity, this paper compares the main progress and points out the shortcomings of the development stage of biodiversity research, biodiversity cataloging, biodiversity informatization and ecological security in China through literature analysis.

*通讯作者。

文章引用: 单琼, 古鹏, 刘海龙, 崔鑫, 张捷. 中国生物多样性研究进展[J]. 林业世界, 2023, 12(1): 50-60.

DOI: 10.12677/wjf.2023.121007

On this basis, we propose the outlook of biodiversity research, including strengthening the application of new technologies and methods in biodiversity research, comprehensively improving the biodiversity big data platform, providing data support for biodiversity conservation and strengthening international cooperation, and actively leading international programs and projects.

Keywords

Biodiversity, Species Cataloging, Informatization, Ecological Security

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

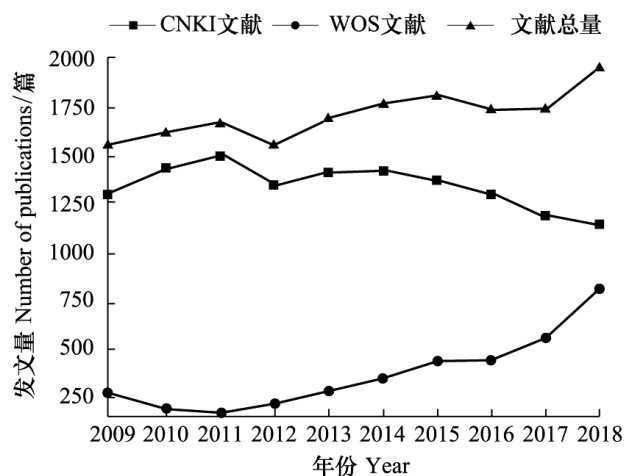
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着经济的发展,文明的复兴,人与自然的也在逐步地被重新认知。生物多样性是人类赖以生存的基础[1],是衡量一个地域发展自然环境的评价指标,也是当今世界人与自然和谐发展的一种新的思考。我国高度重视生物多样性相关研究,发布了多个生物多样性相关的文件,增加了国家和省级生物多样性研究的财政投入,同时国际合作也使得我国生态学家和生物学家的科研能力显著提升。中国学者逐渐关注生物多样性相关研究,发表的有关生物多样性研究论文数量剧增[2](见图1)。中国的生物多样性具有全球性的重要性,文章通过对大量文献的搜集及分析,总结与回顾中国生物多样性研究进展,并进一步确定未来生物多样性的重点研究方向,对于中国生物多样性的研究发展具有重要意义。



图片来源:严陶韬,薛建辉。中国生物多样性研究文献计量分析,2021。

Figure 1. Annual distribution of biodiversity research literature in China from 2009~2018

图 1. 2009~2018 年中国生物多样性研究文献的年度分布

2. 生物多样性内涵

“生物多样性”这一概念是于 1943 年 Fisher 和 Williams 在探究昆虫物种之间的关系时首次提出的,

但在当时没有引起人们的关注,直至 1992 年《生物多样性公约》的签署才使得人们广泛关注生物多样性。对于生物多样性,不同的学者给出了不同的定义。生物多样性是指由植物、动物、微生物及其所生存的环境所组成的生态复合体及与之相关的多种生态过程[3],由遗传多样性、物种多样性和生态系统多样性三个组成部分组成。

随着认识和研究的逐步深入,也有部分学者们认为生物多样性包含遗传多样性、物种多样性、生态系统多样性、景观多样性四个层面,包括了从微观到宏观的全方位的层面,这四个层次相互作用,彼此制约,共同构建了一个区域完整的生态多样性结构单元。

3. 我国生物多样性研究发展阶段

1989 年,中国科学院开始组织成立生物多样性小组,并于 1991 年 3 月份在北京召开首个生物多样性研讨会,主要介绍国内外生物多样性最新研究成果,并就今后的生物多样性研究工作做出规划[4]。1992 年,我国成为首批签署《生物多样性公约》的缔约国,这使得我国人民开始认识、了解“生物多样性”。同年,我国开始着手编制《中国生物多样性保护行动计划》,并于 1994 年正式颁布,该行动计划对我国生物多样性保护与评价有一定的指导意义,推动了我国生物多样性保护工作的发展[5]。1994 年,马克平和钱迎倩首次提出了生物多样性测度指标[6]。1999 年,臧润国等人在热点地区生物多样性分析的基础上提出了适合我国森林生物多样性保护的原理[7]。2001 年,郭中伟等利用遥感技术对森林生态系统进行观测[8]。2003 年,赵海军和纪力强引入了多尺度生物多样性评价体系[9]。2007 年,万本太等提出了 5 个生物多样性综合评价的指标并确立了生物多样性综合评价方法[10]。2008 年,我国颁布了《全国生态功能区划》文件,全面的分析了我国生态空间的特征,确定了我国不同区域的生态功能,提出了划分我国生态功能区的方案,促进了我国的生物多样性保护与恢复的发展[11]。2010 年,《中国生物多样性保护战略与行动计划(2011—2030 年)》正式发布,分析了我国生物多样性现状以及保护工作成效等问题,确定我国生物多样性优先保护区域,提出生物多样性保护的重要举措,从而有效解决我国生物多样性保护面临的问题及挑战[12]。2011 年,《区域生物多样性评价标准》正式发布,该标准解释了生物多样性相关专业术语,规范了县级行政区域生物多样性评价数据采集和处理、计算方法、评价指标处理、指标权重等内容,有助于了解各地生物多样性现状进而为生物多样性管理工作提供可靠的基础数据[13]。2014 年,黄丹等通过黑岱沟煤矿多期遥感数据,分析、评价了黑岱沟煤矿植被修复监测和效果[14]。2015 年,赵洋等认为土壤有机质、全氮和全磷含量对草本植物物种多样性恢复有显著影响[15]。2021 年,我国发表了《中国的生物多样性保护》白皮书,制定我国生物多样性保护未来十年的目标和指标,并提出了实现的路径[16]。同年,《生物多样性公约》缔约方会议第 15 届(COP15)在中国昆明召开,该会议为全球生物多样性治理提供了新的动力,确保“2020 年后全球生物多样性框架”有效的制定、执行,以便逆转目前生物多样性流失趋势,确保生物多样性最晚于 2030 年得到良好恢复,从而实现人类与自然的和谐共存[17][18]。

生物多样性编目、城市生物多样性、生物多样性评价和监测、生物多样性保护[19]、生物安全等都是生物多样性研究的热点内容。例如早在 1998 年王秉洛就指出城市生物多样性保护是生物多样性保护的重要组成部分。

4. 生物多样性编目

我国拥有丰富的生物多样性资源,与覆盖类似纬度的其他国家相比,我国生物多样性丰富度远远高于这些国家,全球 36 个生物多样性热点区域其中有 4 个生物多样性热点区域主要或部分都在我国[20]。我国政府十分重视我国生物资源“家底”调查和整理工作,但由于我国幅员辽阔、自然地理环境复杂多

样、动植物区系组成复杂,这使得我国生物多样性编目工作难度极大。我国先辈们萑露蓝葵、白首穷经,为中国乃至世界生物分类学、生物多样性、生态修复、生物资源利用等研究奠定了坚实的基础[21]。

4.1. 中国物种名录

中国科学院自上世纪 50 年代起多次组织开展生物多样性资源调查,牵头编撰了中国生物学领域的“三志”——《中国植物志》《中国动物志》和《中国孢子植物志》,“三志”的编著使我国生物区系认知和生物分类研究的发展速度得到了很大的提升[22]。

1956 年,中国科学院正式将《中国植物志》纳入生物系统分类和资源开发利用规划项目,1959 年开始出版《中国植物志》,并于 2004 年完成全部的《中国植物志》[23]。《中国植物志》共有 80 卷 126 册,约 5000 余万字,收录植物 301 科 3408 属 31142 种,详细记录了植物的科学名称、历史文献记载、形态特征、生态环境、地理分布和物候期等[22] [24]内容。我国植物分类学家通过 45 年的努力,最终在一穷二白的基础上完成了世界种类最丰富的植物志,为我国生物多样性保护、植物资源研究提供了重要的资料和科学依据。

1962 年,我国成立了《中国动物志》编辑委员会,1978 年《中国动物志》鸟纲第四卷鸡形目出版后,多卷动物志相继出版,至今已经出版了 160 余卷。《中国动物志》是“三志”中编研工程最大的志书[25],记载了动物物种的分类、形态特征、地理分布等内容,为野生动物管理、动物资源开发利用、濒危动物保护、外来物种入侵等研究提供了基础资料和科学依据。虽然《中国动物志》的编目工作已经取得了一定的优异成绩,但从已出版卷数数量上看,近十年的出版速度明显低于本世纪前十年,发展前景较为堪忧。

1973 年,中国孢子植物志编辑委员会正式成立,1987 年《中国孢子志》开始分卷出版,截止到 2021 年 6 月已经出版了 113 卷(见表 1)。《中国孢子植物志》是我国孢子植物资源的综合信息库,收录了《中国海藻志》《中国淡水藻志》《中国真菌志》《中国地衣志》和《中国苔藓志》五部分志,对我国孢子植物的形态、生理、生化、地理分布等进行了全面的介绍[22] [26],为我国乃至世界孢子植物的研究提供了理论基础和科学依据。《中国孢子志》目前发展趋势较好,但若完成全部分卷的编目还需要较长的时间。

Table 1. Data of various branches of the Chinese spore flora (Self-drawn by the author)

表 1. 中国孢子植物志各分支数据(作者自绘)

分志名称	卷册数	科	属	种
中国苔藓志	10	97	466	2330
中国海藻志	15	107	395	2162
中国淡水藻志	23	94	453	5904
中国真菌志	62	120	905	8873
中国地衣志	3	6	36	383
合计	113	424	2255	19652

2008 年,中国科学院海洋研究所撰写《中国海洋生物名录》,该书共收录了我国海洋生物 49 门 22629 种[27]。同年,我国发布了第一版《中国生物物种名录》,自此之后该名录每年更新一版。2008~2022 年间收录的生物物种及种下单元数量逐年增加(见图 2),截止 2022 年版,共收录 138,293 种物种和种下单位,包括 125,034 种物种和 13,259 个种下单位(见表 2) [28] [29]。《中国生物物种名录》体现出了我国生物资源的丰富程度,同时也为我国生物多样性研究工作奠定了一定的基础。

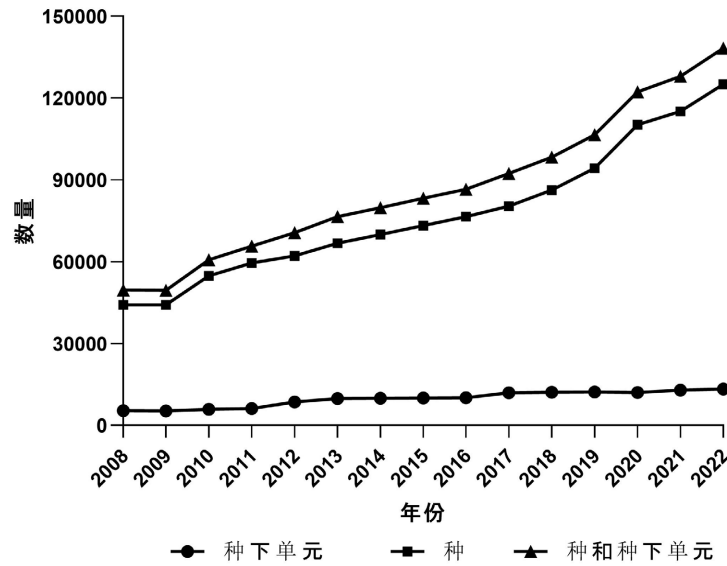


Figure 2. 2008~2022 Change of data in the Chinese Biological Species List over the years (Self-drawn by the author, data from <https://www.sp2000.org.cn>)

图 2. 2008~2022 《中国生物物种名录》历年数据变化图(作者自绘, 数据来自 <https://www.sp2000.org.cn>)

Table 2. Data of the 2022 edition the Catalogue of Biological Species of China (Self-drawn by the author, data from <https://www.sp2000.org.cn>)

表 2. 《中国生物物种名录》2022 年版数据(作者自绘, 数据来自 <https://www.sp2000.org.cn>)

分类	物种数量	种下单元数量	物种和种下单元数量
动物界	63,886	4286	68,172
植物界	39,188	7537	46,725
真菌界	16,369	804	17,173
原生动物界	2503	63	2566
色素界	1970	413	2383
病毒界	655	150	805
细菌界	463	6	469
合计	125,034	13,259	138,293

4.2. 濒危物种名录

由于我国对中国物种受威胁情况的数据资料不全面, 使得我国在开展生物多样性保护、生物资源利用等工作时缺乏科学性。为此, 我国于 2008 年开始开展《中国生物多样性红色名录》编制工作, 该生物多样性红色目录对我国已知野生动植物物种采用国际自然保护联盟濒危物种等级标准的评估方法进行了全面、系统的评估并出版了三本中国生物保护名录[30] (见表 3)。

2013 年, 《中国生物多样性红色名录—高等植物卷》正式发布, 该红色名录一共涵盖 34,450 种高等植物, 3612 种高等植物缺乏数据, 受威胁物种数为 3767 种, 占总数 10.93%, 其中裸子植物受威胁最严重的, 占比约 51.00%。2015 年, 《中国生物多样性红色名录—脊椎动物卷》相继出版, 其主要涵盖 4357

种脊椎动物,其中有157种缺乏数据。受威胁物种数为932种,占总数21.39%,其中两栖爬行动物受威胁最严重的,占比约43.14%。2018年,《中国生物多样性红色名录—大型真菌卷》正式出版,其涵盖的大型真菌共9302种,但数据不足的大型真菌物种高达6340种,受威胁物种数为97种,占总数1.04%,大型担子菌受威胁程度较轻,占比为0.72%。值得注意的是,被列为“数据缺失”的生物物种并不代表物种“无危”,甚至这些物种有些濒临灭绝,只是由于缺乏实际数据而无法对其评估,甚至不知在原产地是否还存在。

Table 3. Data on the number of species on the Red List of Biodiversity in China and the number of threatened species (Self-drawn by the author, data from the assessment report of the *Red List of Chinese Biodiversity Report*)

表 3. 中国生物多样性红色名录种数和受威胁物种数数据(作者自绘,数据来自《中国生物多样性红色名录》评估报告)

中国生物多样性 红色名录分卷	分类	总种数	受威胁 物种	受威胁物 种占比
高等植物卷	苔藓	2494	117	4.69%
	蕨类	2177	151	6.94%
	裸子	249	127	51.00%
	被子	29,530	3372	11.42%
	合计	34,450	3767	10.93%
脊椎动物卷	哺乳动物	673	178	26.45%
	鸟类	1372	146	10.64%
	两栖动物	408	176	43.14%
	爬行动物	461	137	29.72%
	鱼类	1443	295	20.44%
	合计	4357	932	21.39%
大型真菌卷	大型子囊菌	870	24	2.76%
	大型担子菌	6268	45	0.72%
	地衣型真菌	2164	28	1.29%
	合计	9302	97	1.04%

2017年,我国发布了首个省级物种红色名录——《云南省生物物种红色名录》,共评估25,451种物种,其中受威胁物种为2625种,占比约10.31% [31]。

2021年,《中国生物多样性红色名录:脊椎动物》图书正式出版,该书目是在2015年发布的《中国生物多样性红色名录—脊椎动物卷》的基础上对物种和评估信息进行完善、复合与更新,共记录4600余种脊椎动物[32]。其中鸟类共收录1445种,增加了73种,受威胁物种为144种,占比约9.97%;爬行动物共收录527种,增加了65种,受威胁物种为145种,占比约30.5%。

从发布的《中国生物多样性红色名录》可以看出,裸子植物、两栖动物、爬行动物、哺乳动物受威胁程度严重,更需采用一些保护方法来扭转此局面。同时评估中数据缺乏的生物物种较多尤其是大型真菌类,需进行物种本底调查,摸清其地理分布、种群现状和受威胁情况,不断完善并更新《中国生物多样性红色名录》。《中国生物多样性红色名录》首次查明了我国已知高等植物、脊椎动物和大型真菌物种的本底状况、分布差异、濒危状况和保护等级等,为国家制订生物多样性资源保护与利用相关政策提供科学依据,同时也生物多样性相关研究提供重要资料。

5. 生物多样性信息化

随着网络、信息技术的发展和宏观、微观生物学实验手段的改进,导致生物和生态方面的数据暴涨,“大数据时代”也随之到来。2015年,随着《促进大数据发展行动纲要》文件的发布,“大数据发展”成为我国国家战略之一,促进了我国生物多样性信息化的发展。

生物多样性大数据平台

随着我国生物多样性大数据平台不断建设与完善,逐渐完善了我国生物多样性基本数据的收录,实现了对生物多样性的监测,实现了生物多样性、生态系统功能、生态安全、古生物与古环境综合数据等跨学科数据的融合,实现了地理、区域、气候、经济等数据的整合,形成了数据共享的信息化局面[33]。

早在20世纪80年代我国生物多样性大数据平台建设工作就已开始开展。1988年,中国科学院提出并建立中国生态系统研究网络(CERN),截止到2022年,该网络建立了42个分布在不同生态区域的生态站,几乎涵盖了我国农田、森林、海湾、湖泊、湿地、草地、荒漠、城市八大典型的生态系统[34]。中国生态系统研究网络致力于监测我国生态环境变化并综合研究我国资源与生态环境相关问题,为我国生态建设、生态领域相关研究做出了巨大贡献。

2003年,由中科院植物研究所牵头国家标本资源平台(NSLL)开始建立,旨在记录中国物种的历史和当前分布。该平台截止到2022年共整合了16,445,964份标本记录、6,822,744份标本图片、17,818,912份彩色照片、103,243篇文献和2884段视频,这些生物名录和数字化标本为我国物种的分类关系、分布提供了重要信息[35]。

2004年,我国建立中国森林生物多样性监测网络(CForBio),主要以物种共存机制这一问题展开监测和研究,注重长期定位监测[36],促进了我国生态学、生物多样性相关理论的研究,同时也带动了我国林业、环保等相关单位的森林生物多样性监测工作的开展。

2009年,中科院生物多样性委员会带领数位专家开启了全球网络生命大百科—中国区域中心(EOL-China)项目的建设,进而使得中国生物多样性信息学的研究和应用进入一个新的阶段[37]。

2013年,中国科学院建立了中国生物多样性监测与研究网络(Sino BON),平台由3个监测网和1个综合监测管理中心组成,3个监测网包含10个专项网[38],截止到2021年12月,共收录441个元数据、9,648,375个元数据记录总数、386个数据集数和2,937,195个数据集记录数。同时该平台在2020年,在亚热带森林生物多样性研究上取得了重大突破,为全球木本植物多样性的分布模式研究开辟了新思路。

2018年,我国开始建设生物多样性与生态专题:生物多样性保护与生态文明安全大数据平台(Bio ONE)。该平台研究主要聚焦四个方向,分别是生物多样性大尺度格局、生物安全、生物多样性与森林生态功能和生物多样性物种保护。

2019年,我国发布了首个具有知识产权的中国生物物种全信息数据库——中国生物志库,包含了植物、动物、藻类、菌物、生物海洋五个子库和一个生命科学术语库,收录了我国现生生物近10万余种、290,169个物种条目、和170,799张图片。中国生物志库是全球生物物种研究平台中标引最为深入、全面的数据库,是中国生物学代表性成果和高水平的体现。

除此之外我国还有其他的优秀的生物多样性数据平台,如中国微生物与病毒主题数据库、中国植物图像库、国家农作物种质资源平台、中国海洋信息网等[39]。生物多样性大数据平台为生物多样性研究带来了新的研究方式,为生物多样性理论研究、生态系统服务、国家《生物多样性公约》履行公约等研究提供有力支撑和服务[22][40]。与此同时海量的生物多样性信息分布在不同的数据平台同时不同平台间生物多样性信息还存在这一定的重复率,给检索、研究带来一定的困难,因此可以加强大数据平台之间的信息交互,使得更加高效的筛选出所需要数据。

6. 生态安全

生态安全是国家安全的重要组成部分，而生物入侵和转基因作物是生态安全研究的两个重要问题[41]。

6.1. 生物入侵

众所周知，生物入侵都是导致原生生物发生大规模变化乃至灭绝现象的罪魁祸首[42]，最终将会影响生物多样性、生态系统。目前我国是外来物种入侵较为严重的国家之一。根据《2020年中国生态环境状况公报》可知，中国外来入侵种已高达660余种，与10年前相比增加约30%。

人们普遍认为，生物入侵可以归因于人类活动和气候变化。人类在全球范围内频繁的进行各种活动如国际贸易，导致当地发生大量外来物种入侵的现象进而直接影响当地生物多样性与生态平衡[43]。依据政府间气候变化专门委员会发布的第6估报告，全球持续变暖是普遍的事实，并预计全球变暖将使得极端气候事件的频率增加[44]，这也使得生物入侵发生风险增加。

根据这一趋势，今后的研究应该更加关注气候变化对生物入侵的影响，注重提高管理人员和公民对外来入侵物种造成的生态问题的认识，最大限度地减少生物入侵现象的发生。在生物入侵方面防治方面，我们还需要进一步借国际生物入侵信息数据库，同时注重加强国际合作。

6.2. 转基因作物

转基因技术的高速发展为我国带来了一定的机遇与挑战。转基因技术的快速发展，使得我国在医学、农业、生物等领域取得了优异的成绩。

随着人口数量增加、城市化进程加快等因素，在促进了转基因作物在我国农业生产上的不断推广。随着我国转基因作物的种植面积不断扩大，使得我国农业生产质量、农业技术、农业经济得到了一定的发展[45]，提高了我国农业在全球的竞争力。

转基因作物同时也存在一些生态安全问题，对生物多样性产生构成一定的威胁。转基因作物在生产发育的过程中，不可避免的会对周围的生物、生态环境产生一定的相互作用，对生态造成潜在的风险，也可能打破物种间的动态平衡进而对当地生物多样性产生影响[46][47]。为了解决转基因作物对生物安全的影响，我国发布了多个相关文件并制定相关法律法规，如我国于2001年发布了《农业转基因生物安全条例》，并分别于2011年、2017年进行修订。同时应加强对转基因作物风险评估和环境安全性检测，进而促进转基因作物更加平稳、健康的发展。

7. 我国生物多样性研究展望

自20世纪90年代以来，生物多样性研究已成为国内外学者关注的热点研究内容。我国学者在生物多样性研究领域已经做了大量工作，并取得了一定的成就，但目前生物多样性依旧不断恶化，这对我国生物多样性研究工作提出了更严峻的要求。

7.1. 加强新技术、新方法在生物多样性研究中应用

随着科技的快速发展，一些新技术、新方法得到长足发展，如人工智能、线扫描、宏基因组学等。在生物多样性研究时合理运用新方法、新技术，使得生物多样性研究内容及方法的不断创新进步。例如南京大学与中国科学院强强联合组成古生代海洋生物多样性研究团队，该团队利用“天河二号”超级电脑自行研发出一种新的算法，绘制出古生代海洋生物多样性曲线，改变了人们对古生代海洋生物多样性的认知[48]，这对认识当今地球生物多样性面临的挑战具有重要启示意义。我国学者虽在新技术、新方法

领域已经取得了一定优异成绩,但要注重各学科之间的交叉融合,在进行生物多样性研究时应用新技术、新方法进而促进生物多样性的研究。

7.2. 全面完善生物多样性大数据平台,为生物多样性保护提供数据支撑

近年来我国逐步建立了多个生物多样性大数据,如中国生态系统研究网络、国家标本资源平台、中国森林监测网络等多个平台,为我国生物多样性保护研究提供了强有力的数据支持。各平台不断更新完善其内容,发展趋势较好,但这些平台与生物多样性监测网络之间缺乏信息交互、数据分析以及统一规划[49]。为此,需不断完善生物多样性大数据平台,同时注重突破各生物多样性网络平台与监测网络之间的屏障,实现生物多样性数据信息共享,为生物多样性保护提供基础数据支持。

7.3. 加强国际合作,积极牵头国际计划、项目

生物多样性治理离不开全球参与,一直以来,中国都积极参与生物多样性国际交流与合作,至今已有30余年[50]。如中国科学院西双版纳热带植物园一直以来都积极参与并牵头组织国际生物多样性保护相关项目,同时在缅甸成立了“东南亚生物多样性研究中心”,该中心取得一定优异成果,是我国与东南亚科技合作的成果典范。

我国在维持和加强已有的国际合作计划、项目的同时,可充分利用我国已有的中国海洋信息网、生物多样性监测与研究网络、中国微生物与病毒主题数据库、中国生态系统研究网络等平台,并联合国外生物多样性平台积极牵头组织国际计划、项目,为全球生物多样性研究作出谋划策。

8. 结语

生物多样性是生态文明水平的重要标志之一,是人类福祉的基础。一直以来,我国十分重视生物多样性研究及保护工作,习近平总书记也多次对生态环境做出批示,例如“金山银山不如绿水青山”“像保护眼睛一样保护生态环境,像对待生命一样对待生态环境”等。本文通过对国内外生物多样性相关文献分析梳理,总结与回顾我国生物多样性研究发展阶段、生物多样性编目、生物多样性信息化和生态安全的研究进展,同时也指出其不足之处,旨在使我国生物多样性研究能够从以往研究中吸取经验,并为我国生物多样性研究提供一定的基础数据和参考依据。在此基础上提出我国生物多样性研究展望,包括加强新技术、新方法在生物多样性研究中应用,全面完善生物多样性大数据平台,为生物多样性保护提供数据支撑和加强国际合作,积极牵头国际计划、项目等建议,希冀该展望能为中国生物多样性研究提供新的思路。

项目基金

黑龙江多宝山铜矿及周边生物多样性调查研究(30/43221006)。

参考文献

- [1] 马克平. 生物多样性科学研究进展[J]. 科学通报, 2014, 59(6): 429.
- [2] 严陶韬, 薛建辉. 中国生物多样性研究文献计量分析[J]. 生态学报, 2021, 41(19): 7879-7892.
- [3] David, J., Della, S., Dominick, A., et al. (2014) Multifunctionality and Biodiversity: Ecosystem Services in Temperate Rainforests of the Pacific Northwest, USA. *Biological Conservation*, **169**, 362-371. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.12.003>
- [4] 马克平, 姜治平, 苏荣辉. 中国科学院生物多样性研究回顾与展望[J]. 中国科学院刊, 2010, 25(6): 634-644.
- [5] 张维平. 一部指导中国生物多样性保护的纲领性文件——《中国生物多样性保护行动计划》评介[J]. 生物多样性, 1994(4): 244.

- [6] 钱迎倩, 马克平. 生物多样性研究的原理和方法[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1994: 1-13.
- [7] 臧润国, 刘世荣, 蒋有绪. 森林生物多样性保护原理概述[J]. 林业科学, 1999, 35(4): 72-80.
- [8] 郭中伟, 李典谟, 甘雅玲. 森林生态系统生物多样性的遥感评估[J]. 生态学报, 2001, 21(8): 1369-1384.
- [9] 赵海军, 纪力强. 大尺度生物多样性评价[J]. 生物多样性, 2003, 11(1): 78-85.
- [10] 万本太, 徐海根, 丁晖, 刘志磊, 王捷. 生物多样性综合评价方法研究[J]. 生物多样性, 2007, 15(1): 97-106.
- [11] 鄂平玲. 《全国生态功能区划》公布[N]. 中国高新技术产业导报, 2008-08-18(016).
- [12] 薛达元. 《中国生物多样性保护战略与行动计划》的核心内容与实施战略[J]. 生物多样性, 2011, 19(4): 387-388.
- [13] 中华人民共和国国家环境保护标准 HJ623-2011 区域生物多样性评价标准[J]. 油气田环境保护, 2012, 22(2): 73-74.
- [14] 黄丹, 刘庆生, 刘高焕. 黑岱沟煤矿生态修复遥感监测及效果评价[J]. 遥感技术与应用, 2014, 29(1): 69-74.
- [15] 赵洋, 张鹏, 胡宜刚, 黄磊, 苏洁琼. 露天煤矿排土场不同配置人工植被对草本植物物种多样性的影响[J]. 生态学杂志, 2015, 34(2): 387-392.
- [16] 国务院新闻办发表《中国的生物多样性保护》白皮书[N]. 人民日报, 2021-10-09(004).
- [17] 《生物多样性公约》缔约方大会第十五次会议(COP15)主席、生态环境部部长黄润秋主持召开 COP15 全体会议[J]. 环境与可持续发展, 2021, 46(6): 205.
- [18] Reusch, T.B.H., Ehlers, A., Hämmerli, A., et al. (2005) Ecosystem Recovery after Climatic Extremes Enhanced by Geneotypic Diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **102**, 2826-2831. <https://doi.org/10.1073/pnas.050008102>
- [19] 马克平. 生物多样性科学的热点问题[J]. 生物多样性, 2016, 24(1): 1-2.
- [20] Mi, X.C., Feng, G., Hu, Y.B., et al. (2021) The Global Significance of Biodiversity Science in China: An Overview. *National Science Review*, **8**, 25. <https://doi.org/10.1093/nsr/nwab032>
- [21] 刘冰, 覃海宁. 中国高等植物多样性编目进展[J]. 生物多样性, 2022, 30(7): 38-44.
- [22] 马克平. 中国生物多样性编目取得重要进展[J]. 生物多样性, 2015, 23(2): 137-138.
- [23] 杜诚, 刘军, 刘夙, 马金双. 中国植物分类学者的历史与现状[J]. 生物多样性, 2022, 30(7): 111-120.
- [24] 温明章. 《中国植物志》编研荣获国家自然科学奖一等奖[J]. 中国科学基金, 2010, 24(5): 274.
- [25] 董正之. 《中国动物志》编研工程的理论与实践[J]. 世界科技研究与发展, 2002, 24(3): 44-48.
- [26] 冯丽妃. 《中国孢子植物志》: 近半个世纪的接力[N]. 中国科学报, 2021-07-09(001).
- [27] 汪松. 中国海域生物多样性编目新的里程碑——评《中国海洋生物名录 Checklist of Marine Biota of China Seas》中、英文版专著[J]. 海洋科学, 2010, 34(4): 113.
- [28] 陆成宽. 2022 版《中国生物物种名录》发布[N]. 科技日报, 2022-05-23(003).
- [29] 蒋志刚, 覃海宁, 刘忆南, 纪力强, 马克平. 保护生物多样性, 促进可持续发展——纪念《中国生物物种名录》和《中国生物多样性红色名录》发布[J]. 生物多样性, 2015, 23(3): 433-434.
- [30] 臧春鑫, 蔡蕾, 李佳琦, 吴晓蕾, 李晓光, 李俊生. 《中国生物多样性红色名录》的制定及其对生物多样性保护的意义[J]. 生物多样性, 2016, 24(5): 610-614.
- [31] 蒋志刚, 马克平. 中国生物多样性保护的国家意志、科学决策和公众参与: 第一份省域物种红色名录研究[J]. 生物多样性, 2017, 25(7): 794-795.
- [32] 蒋志刚, 江建平, 王跃招, 张鸮, 张雁云, 蔡波. 国家濒危物种红色名录的生物多样性保护意义[J]. 生物多样性, 2020, 28(5): 558-565.
- [33] 李京梅, 韩然然, 许志华. 海洋生物多样性损害与沿海地区经济增长关系实证研究[J]. 生态学报, 2022, 42(11): 4665-4675.
- [34] 苏胜涛, 曾源, 赵旦, 郑朝菊, 吴兴华. 中国陆地植被净初级生产力估算模型优化与分析——基于中国生态系统研究网络数据[J]. 生态学报, 2022, 42(4): 1276-1289.
- [35] 肖翠, 雒海瑞, 陈铁梅, 马克平. 国家标本资源共享平台数字化进展与现状分析[J]. 科研信息化技术与应用, 2017, 8(4): 6-12.
- [36] 付瑞玉, 苏宏新, 张忠华, 胡刚. 中国森林生物多样性监测网络(CForBio)的研究态势与热点: 基于文献计量分析[J]. 生物多样性, 2018, 26(12): 1255-1267.

- [37] 谢宏. 打造中国网络生命大百科全书[N]. 大众科技报, 2009-12-17(A02).
- [38] 冯晓娟, 米湘成, 肖治术, 曹垒, 吴慧, 马克平. 中国生物多样性监测与研究网络建设及进展[J]. 中国科学院院刊, 2019, 34(12): 1389-1398.
- [39] 许哲平, 崔金钟, 覃海宁, 马克平. 中国生物多样性 e-Science 平台建设构想[J]. 生物多样性, 2010, 18(5): 480-488.
- [40] 米湘成, 冯刚, 张健, 胡义波, 朱丽, 马克平. 中国生物多样性科学研究进展评述[J]. 中国科学院院刊, 2021, 36(4): 384-398.
- [41] 应凌霄, 孔令桥, 肖焱, 欧阳志云. 生态安全及其评价方法研究进展[J]. 生态学报, 2022, 42(5): 1679-1692.
- [42] Daniele, P., *et al.* (2021) Exploring Expert Perception of Protected Areas' Vulnerability to Biological Invasions. *Journal for Nature Conservation*, **62**, Article ID: 126008.
- [43] Simberloff, D., Martin, J.L., Genovesi, P., *et al.* (2013) Impacts of Biological Invasions: What's What and the Way Forward. *Trends in Ecology & Evolution*, **28**, 58-66. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.07.013>
- [44] Simone, S., Colin, R., Catherine, I., *et al.* (2022) Concentrated and Intensifying Humid Heat Extremes in the IPCC AR6 Regions. *Geophysical Research Letters*, **49**, e2021GL097261. <https://doi.org/10.1029/2021GL097261>
- [45] 王蔚雯, 谢芹. 促进转基因作物产业发展的金融支撑分析[J]. 分子植物育种, 2022, 20(17): 5680-5684.
- [46] 马祥建, 郝德荣. 转基因植物的安全性问题及其解决途径[J]. 江苏农业科学, 2011, 39(6): 501-504.
- [47] 梁晋刚, 张开心, 张旭冬, 王颢潜, 陈子言, 刘鹏程, 张秀杰. 中国农业转基因生物环境安全检测标准体系现状与展望[J]. 中国油料作物学报, 2021, 43(1): 1-14.
- [48] Fan, J.-X., Shen, S.-Z., Erwin, D.H., *et al.* (2020) A High-Resolution Summary of Cambrian to Early Triassic Marine Invertebrate Biodiversity. *Science*, **367**, 272-277. <https://doi.org/10.1126/science.aax4953>
- [49] 马克平, 朱敏, 纪力强, 马俊才, 郭庆华, 欧阳志云, 朱丽. 中国生物多样性大数据平台建设[J]. 中国科学院院刊, 2018, 33(8): 838-845.
- [50] 秦天宝, 袁昕. 推进生物多样性跨境区域保护的中国实践[J]. 生物多样性, 2021, 29(2): 220-230.