

DOI: 10.20103/j.stxb.202309212044

刘任涛, 孙建财, 周磊. 沙漠生态学概念、学科特色、内容及指导作用. 生态学报, 2024, 44(17): 7892-7898.

Liu R T, Sun J C, Zhou L. The conception, subject characteristics, and contents of desert ecology and its implication for desertification control. Acta Ecologica Sinica, 2024, 44(17): 7892-7898.

沙漠生态学概念、学科特色、内容及指导作用

刘任涛^{1,2,*}, 孙建财^{2,3}, 周磊^{2,3}

1 宁夏大学生态环境学院, 银川 750021

2 西北土地退化与生态恢复国家重点实验室培育基地, 银川 750021

3 宁夏大学林草学院, 银川 750021

摘要: 生态学是生态文明建设的理论基础。现代生态学学科发展与区域生态特色相结合, 已成为生态学特色学科方向发展的显著特征和区域生态文明建设的关键依据。沙漠生态学以沙漠或沙漠化土地为研究区域, 以沙漠生物为研究对象, 是沙漠学与生态学的交叉融合学科, 具有典型的区域性特色。从沙漠生态学的概念和学科定位的角度, 分析了沙漠生态学的学科特点和特色优势。基于此, 沙漠生态学具有自己的研究范畴和研究内容, 在学科层面上存在其他学科无法解决或者解决好的科学问题, 并从研究区域和研究对象的角度分析了沙漠生态学形成独立学科方向的必要性。沙漠生态学学科体系建设和基础理论丰富与完善, 有利于指导干旱、半干旱区沙漠化的发生原因、过程及原理、沙漠化逆转过程的恢复机理的全面系统研究, 为沙漠化综合治理措施与治理实践、沙漠自然资源利用与开发以及沙漠生态系统保护提供关键科技支撑, 凸显了沙漠生态学的特色学科方向对区域荒漠化综合防治和“三北”防护林生态工程建设的重要理论和实践指导意义。

关键词: 沙漠生态学; 概念; 学科定位; 区域特色; 沙漠化治理

The conception, subject characteristics, and contents of desert ecology and its implication for desertification control

LIU Rentao^{1,2,*}, SUN Jiancai^{2,3}, ZHOU Lei^{2,3}

1 School of Ecology and Environment, Ningxia University, Yinchuan 750021, China

2 Breeding Base of State Key Laboratory of Land Degradation and Ecological Restoration, Ningxia University, Yinchuan 750021, China

3 School of Forestry and Prataculture, Ningxia University, Yinchuan 750021, China

Abstract: The subject of Ecology is the theoretic basis of ecological civilization construction. There is a significant feature of special subjects of ecology advancement, with the development of modern ecology and its combination with regionally characteristic ecology. It has become the significant basis of regional ecological civilization construction, particularly in arid and semiarid regions. In regard to desert ecology, the study areas include desert and desertified lands, and the research subject is desert biology. In this context, desert ecology is a crossing and integrated subject of desert and ecology subject systems, and indicates a typically regional feature. We focus on the definition and subject orientation of desert ecology, and analyze its subject characteristics and discipline advantage. There is a proposed concept of Desert Ecology that can be defined as the interactive relationship between desert biology and desert environments. It includes the effect of desert environments on desert biology (*i.e.*, desert biology and cryptozonal organism), and the response and adaptation of desert biology to the alteration of desert environments. On the context of study area and subjects of biology, the special Desert

基金项目: 国家自然科学基金项目 (32360318); 宁夏自然科学基金创新群体项目 (2023AAC01002); 宁夏重点研发计划项目 (2021BEG03007); 宁夏科技创新团队项目 (2021RXTDLX01)

收稿日期: 2023-09-21; **网络出版日期:** 2024-06-26

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: nxuliu2012@126.com

Ecology refers to desert environments and the desert biology dwelling in it. There is in fact a general desert environment including not only desert ecosystems but also the arid and semiarid desertified areas, which give birth to the general concept of Desert Ecology. This general concept of Desert Ecology focuses more on the anthropogenic impact on the relationship between human activities and desert environments, and the new questions induced within them. Based on research content and range of desert ecology subject system, there are inherent science topics needed within desert ecology subject that characterize the exclusivity from other ecology subjects, *i.e.*, grassland ecology, forest ecology, and agriculture ecology. The rich research content and theoretical perfection of desert ecology can be in favor of the systematic research on the reason, process and principals of desertification, and uncovering the restoration mechanism of reversal process of desertification. All these are helpful for measures of desertification control, and the utilization of desert resources and protection of desert ecosystems in semiarid and arid regions. In sum, the special subjects of ecology acted as Desert Ecology can provide theoretical basis for regional desertification control and state ecological construction of “Three-north Forest Protection Project”.

Key Words: desert ecology; conception; subject position; regional features; desertification control

生态学是生态文明建设的理论基础和核心学科^[1],为生态文明建设提供了有力的科学依据^[2]。现代生态学学科发展与区域生态特色相结合,已成为生态学特色学科发展的重要方向^[3]和区域生态文明建设的重要理论依据^[4]。在沙漠及沙漠化发生特定区域,长期开展沙漠生物和沙漠环境间的相互作用关系研究,在沙漠地区生物体个体形态与生理生态的适应策略^[5]、生物间的相互作用关系^[6]、沙漠生物结皮形成、维持及其功能^[7]等方面,取得了一大批研究成果,逐渐孕育了生态学的一个特色学科方向——沙漠生态学,成为沙漠化治理与生态修复工程建设的重要学科理论。2023年6月6日,习近平总书记在内蒙古巴彦淖尔召开的加强荒漠化综合防治和推进“三北”等重点生态工程建设座谈会^[8],进一步说明沙漠生态学在国家和区域生态保护发展战略中的重要科技理论支撑作用。

沙漠生态学在长期的学科发展过程中坚持学科建设特色,彰显学科发展贡献,是沙漠学与生态学的交叉融合学科,具有典型的区域性特色^[9],学科体系构建引领世界前沿,在国际上沙漠化治理与生态修复中奠定了重要学科基础^[10]。根据2017年3月17日国务院学位委员会发布的《关于开展2017年博士硕士学位授权审核工作的通知》(学位〔2017〕12号)中的《学位授权审核申请基本条件(试行)》,沙漠生态学成为生态学学科重要的一个特色学科方向,究其形成特征和学科发展内涵,首先在于沙漠生态学具有自身特色学科范畴和内涵,再次是面向区域荒漠化综合防治和“三北”防护林等重点生态工程建设,凸显了学科发展的定位和目标^[10]。

面向黄河流域生态保护与高质量发展国家战略,从沙漠生态学的概念和学科特点着手,分析沙漠生态学的研究范畴和研究内容,凸显沙漠生态学的特色学科方向对区域荒漠化综合防治和“三北”防护林生态工程建设的理论指导意义^[11],有利于全面系统的研究沙漠化的发生原因和过程及原理,提出沙漠化综合治理措施,阐明沙漠化逆转过程的恢复机理^[12]。在实践指导中,可以为中国乃至世界的防沙治沙、生态工程建设及荒漠化综合防治提供科技支撑,对于促进沙漠生态学学科体系快速构建及支撑国家区域生态安全战略具有重要意义,同时也可以提供全面系统的沙漠生态学理论知识,促进生态学学科内涵发展和学科理论体系完善。

1 沙漠生态学的概念与学科内容

1.1 沙漠生态学的概念

鉴于沙漠生态学的研究区域是沙漠生境,因而要准确给出沙漠生态学的概念,首先需要完整理解沙漠的定义及其形成过程^[13]。在自然地理学的学科范畴,按照地貌特征与地表物质组成,沙漠属于荒漠的一种,也称为沙质荒漠^[14]。特殊的自然因素和地质条件是沙漠形成的基础^[15],表现为风力作用下形成的一种地表被深厚沙土覆盖、植被非常稀少、雨水稀缺、空气干燥的荒漠。其最重要的特征是地表以沙土为主,几乎无土壤

或土壤稀薄贫瘠,植物稀少;基本特征是大气环流携带沙物质沿地表和不同尺度的空间运动;沙漠的生态景观是由地形、植被和基质形成的起伏沙丘及空间内的风沙活动共同构成;土壤类型为非地带性风沙土。由此,孕育形成了地理学的二级学科——沙漠学,即研究沙漠和沙漠化土地分布、形成演化和防治的学科^[16-17]。

其次,需要明确生态学的学科概念和内涵^[18]。根据方精云^[2]在《生态学学科体系的再构建》一文的论述,生态学是研究宏观生命系统的结构、功能及其动态的科学,它为人类认识、保护和利用自然,维持可持续生物圈提供理论基础和解决途径。基于此,生态学包括三个重要内涵^[2]:(1)生态学是研究自然界生命系统(包括全球、区域、景观、生态系统、群落、种群、个体、细胞、分子等不同层次)的结构、功能和变化的科学,它为人类认识、保护、利用和改造自然提供科学基础;人类基于生态学研究成果来认识、保护和利用自然;(2)生态学是研究生命系统及其与环境系统之间的关系,包括环境对生命系统的影响和生命系统对环境的适应及影响,这种关系相互作用、相互依存、互为因果,使生命系统达到相对稳定和平衡的状态;(3)人是一种生物,是自然界的组成部分,又具有主观能动性;人类活动既能够影响自然界,又可以改变自然、利用自然,最终实现人与自然和谐共生。

基于此,沙漠生态学可以说是综合了沙漠学与生态学相关内容,属于生态学的一个重要分支,成为沙漠学与生态学交叉融合的一门新兴学科方向,具有典型的区域性特色和特殊性^[9]。实际上,沙漠既有狭义的沙漠(沙质荒漠),亦包括广义的戈壁、沙地和沙漠化土地以及干旱、半干旱区沙质土壤草原区^[19]。具体来讲,沙漠指干旱区地表为大片沙丘覆盖的沙质荒漠,在我国主要分布在西北地区,是内陆干旱与半干旱区的主要地貌类型,是重要的自然资源,具有其独特的生态价值^[20]。沙漠在地理学上定义为降水稀少,植物很稀疏,因而限制了人类活动的干旱区,以风沙地貌为主导的景观;在生态学上定义为由旱生、强旱生低矮木本植物,包括半乔木、灌木、半灌木和小半灌木为主组成的稀疏不郁闭的群落^[21]。干旱、半干旱区包括沙漠或荒漠以及易发生退化、沙化的区域,属于年平均降水量 500 mm 范围以下的气候类型区^[22]。因而,沙漠生态学涉及的研究区域特点包括干旱、半干旱区沙漠或沙漠化土地发生的生态过程与生态特征^[12]。

基于地理学与生态学学科内涵,沙漠生态学在学科构建范围上,既包括狭义的沙质荒漠-沙漠自然景观类型,更包括范围更广的干旱、半干旱区沙漠和沙漠化土地在内的景观类型^[12]。因此,其概念可以区分为广义和狭义^[9]:狭义的沙漠生态学可定义为以沙漠为研究区域,以沙漠区域的生物(包括沙生生物和隐域性生物)为研究对象^[23],主要研究沙漠环境对沙漠生物的影响以及沙漠生物对沙漠环境的适应过程,分析沙漠生物与沙漠环境之间的相互作用关系,探索沙漠生物与沙漠环境之间相互作用规律及其作用机制的一门科学^[12]。广义的沙漠生态学(图 1)可定义为以干旱、半干旱区沙漠和沙漠化土地为研究区域,研究沙漠和沙漠化生境中宏观生命系统的结构、功能及其动态特征,探索干旱、半干旱区生物与环境间相关作用关系的一门科学^[10],包括植物、动物、微生物及人类活动的影响,特别是人类活动干扰导致的人地关系演变造成的新范式带来的问题,它为认识沙漠和沙漠化过程及原理、保护和利用沙漠及沙漠化防治提供理论基础和解决途径^[2, 10, 12]。

1.2 沙漠生态学的学科内容

(1) 沙漠环境

根据沙漠生态学的广义和狭义之分,这里的沙漠环境指的是生物所栖息的沙漠或沙漠化生境,以及与生

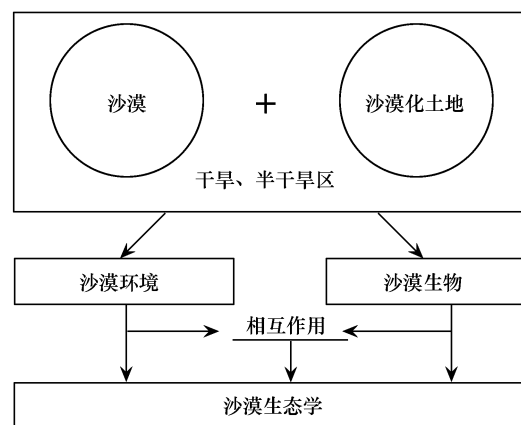


图 1 干旱、半干旱区沙漠及沙漠化土地生境沙漠生态学的概念框架

Fig.1 Conceptual framework of Desert Ecology in arid and semiarid desert and desertified regions

物生存、生长和繁衍密切相关的经纬度、海拔、气候、土壤、水文等生态因子^[24],是生物赖以生存的环境要素,对生物的生长、发育、繁衍、行为和分布有着直接或间接的影响^[25]。

(2) 沙漠生物

根据沙漠生态学的概念,沙漠生物^[24]主要指的是生存在沙漠或沙漠化生境中的植物、野生动物、土壤动物^[25]和土壤微生物及沙漠结皮^[7]等,但沙漠区有人类活动,沙漠生物亦包括人类^[26]。

(3) 沙漠生物与沙漠环境间的作用关系

沙漠生物与沙漠环境间的相互作用关系多属于互馈关系^[3, 12]。一方面,沙漠或沙漠化地区严酷的自然环境对生物的制约作用,限制了生物的生存、生长和繁衍等^[26]。另一方面,气候和人类活动对沙漠或沙漠化地区环境的影响,引起了生物对环境和环境变化的生物学和生态学适应性,反过来改造了生物的生存、生长和繁衍的生境^[10]。

(4) 学科层面的科学问题

沙漠生态学不仅具有独立的研究对象、科学的研究方法、广阔的应用领域,还存在学科层面的重大科学问题。主要包括:沙漠生态系统的自然属性与气候变化间的多尺度和多过程耦合机制及其致灾与致利影响,沙漠自然生态系统稳态维持和可持续的系统动力学机制,及对地球环境系统的反馈、调节和影响机制^[27];极端干旱沙漠生境中生物体演化、进化及其适应性,沙漠生物系统生存、繁衍和生活史特征及对干旱沙漠生境的响应机制;全球环境变化和人为活动等多重因素驱动下的沙漠生态系统演变规律,特别是沙漠化及其逆转过程中沙漠生态系统对人类社会的可持续发展的支撑作用^[28]。这些科学问题往往是沙漠生态学学科层面的大问题,是其他学科无法解决或者解决好的问题,需要引起关注和研究解决。

2 沙漠生态学学科特点与定位

根据沙漠生态学的概念,沙漠生态学的研究区域是沙漠或沙漠化生境,专门研究沙漠生物与环境、沙漠生物与生物之间相互作用的科学^[12]。由此可知,沙漠生态学的学科特点呈现区域性、独特性和特色优势,可以很好的揭示极端环境条件下沙漠生物的生物学、生态学、生理生态学特性以及对环境的适应性特征。

(1) 沙漠环境的极端化,决定了沙漠生态学学科研究范围的区域性

沙漠或沙漠化环境属于一种极端环境,沙漠生态系统成为陆地生态系统中自然条件最差的一种生态系统类型之一^[13, 28]。气候条件最为明显,多数地方年均降水量不足 100 mm,甚至全年无雨,地表水十分缺乏,而夏季紫外线强烈,气温高达 50 ℃,地面温度甚至达到 60—70℃,特别是风沙活动强烈,风蚀、沙埋、风吹沙打现象严重^[15]。这种严重干旱、极端高温、强烈紫外线照射,以及强烈的风沙流活动,导致沙漠环境极端化,决定了沙漠生态学学科研究领域的区域性。

(2) 沙漠生物的独特适应性,决定了沙漠生态学学科内容的独有性

在沙漠极端环境条件下,不仅存在着众多沙漠动物、植物和微生物,而且在长期对环境适应和自然选择过程中,很多动植物和微生物都形成了独特的环境适应特性和能力,甚至产出了很多沙漠地区所独有的动植物和微生物种类^[23]。这反映了生物有机体对极端环境的适应途径和耐受极限,能够更好的阐述生物有机体的生存能力和进化机制^[29]。极端环境条件下生物有机体适应性研究已成为沙漠生态学的主要研究内容之一,体现了沙漠生态学学科内容的独有性。搜集和保存沙漠地区特有的物种或种质资源,建立沙漠动物、植物和微生物遗传基因库,对于保护极端环境下的物种或种质资源具有重要意义^[10]。

(3) 沙漠生态系统的特殊区域性,决定了沙漠生态学学科理论的特色和优势

沙漠生态系统的特色区域性,导致拥有特有的生物种类和环境条件^[14]。世界上一切动植物和微生物种类的形成和进化,都是生物与环境长期作用和自然选择的结果,而自然选择的动力主要是恶劣的环境条件和自然资源的严重不足。因而,沙漠特殊的生境孕育了特有的动植物资源,形成了独特的沙漠生物与环境间的相互作用关系,决定了沙漠生态学学科理论的特色和优势^[4]。这种独特的学科理论与研究优势,凸显了沙漠生

态学是生态学学科理论内容的重要补充,从特殊到广泛,更能够揭示陆地生物的起源演化、陆地动植物和微生物种群的发展、群落演替及其与环境的关系^[12]。

3 沙漠生态学的研究内容与学科范畴

从学科发展和研究领域来看,沙漠生态学的研究内容包括微观和宏观,从个体到生态系统,自然功能到生态系统服务价值以及响应气候变化等。从学科范畴来看,沙漠生态学涉及的学科较多,是一门交叉性学科。

(1) 沙漠生态学的研究内容

从沙漠生态学的发展现状及其未来发展趋势看,沙漠生态学的主要研究内容涉及沙漠环境、植物、动物和微生物对极端环境的适应,沙漠生态系统结构、功能与调控,沙漠生物结皮组成、结构与生态功能,沙漠景观格局与过程,沙漠生态系统的服务价值,沙漠生态系统对气候变化的响应等^[6]。

概况来看,沙漠生态学的研究内容可以归纳为以下几个方面^[12]:1) 沙漠环境的基本特征及其变化研究;2) 沙漠环境对生物(包括植物、动物和微生物)的影响及其适应;3) 沙漠生物结皮的形成发育及其对环境变化的响应;4) 沙漠生物之间的相互作用关系;5) 沙漠生态系统的结构与功能及服务。从沙漠生态系统的环境严酷性和脆弱性来看,基于广义性概念,沙漠生态学与沙漠化的发生、发展及其修复密切相关,从而拓展了沙漠生态学的研究内容。例如,沙漠化过程和发生机制、沙漠化土地的治理与修复、沙漠化综合防治技术与模式,沙漠化防治政策与战略、固沙植被生态工程与生态设计、生态经济与人文生态学等,与可持续发展目标相互交织^[10]。

(2) 沙漠生态学的学科范畴与学科理论

从学科范畴来看,沙漠生态学以生态学为基础,与沙漠学融合形成,和土壤学、气象学、水文学、地貌学、地理学以及环境科学等学科相互交叉。根据生态学学科范畴,沙漠生态学实际上是生态学的一个分支,属于区域生态学或特殊生态系统生态学的一种^[4]。沙漠生态学的学科范畴^[12],主要涉及沙漠植物生态学、沙漠动物生态学、沙漠微生物生态学、沙漠生态系统生态学、沙漠景观生态学、沙漠土壤生态学、沙漠水文生态学、沙漠人文生态学等。

沙漠生态学形成独立学科需要具有自己特有的学科理论,包括干旱、半旱区沙漠或沙漠化土地自然属性的特有性,表征了学科方向研究领域的地域性非常独特,特殊的沙漠气候带类型孕育着独特生物类群,反映了沙漠生物与沙漠生境间独特的相互作用关系^[6];沙漠化土地发生的原因、机理及其逆转过程,以及人为干扰措施的反馈,反映了沙漠生态系统中人类活动与自然资源利用间的作用关系,建设人与自然和谐共生关系需求体现了沙漠生态学与人类需求间的独特关系^[2, 10, 30]。借鉴生态学中生态位的概念,沙漠生态学与森林生态学^[31]、草地生态学^[32]、农业生态学^[33]具有不同的研究对象(生物体生态位),分别占据独特且不同的研究区域(资源生态位),表征不同的生态过程,反映不同的生态规律;同时,沙漠生态学与其他生态学分类学科亦存在重合特性,包括学科内容的重合共存、相互促进、共同发展和演化,共同组成了生命共同体,可以维持生态系统的多样性和生态系统多服务性(图2)。在目前国家生态文明高质量发展背景下,围绕荒漠化综合防治和三北防护林生态工程建设国家发展重大战

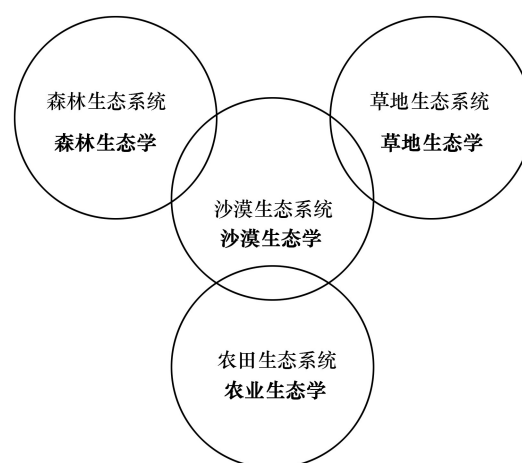


图2 沙漠生态学与森林生态学、草地生态学、农田生态学的联系与区别

Fig.2 Linkage of Desert Ecology to Forest Ecology, Grassland Ecology and Agriculture Ecology and the differences between them

略^[30],沙漠生态学形成独立学科方向的必要性显而易见。

4 沙漠生态学学科的理论指导意义和实践指导作用

(1) 沙漠生态学学科的理论指导意义

沙漠生态学主要面向干旱、干旱区地区,特别是沙漠或沙漠化地区的生态研究,以沙漠生物与沙漠环境间的作用关系为切入点,是具有区域特色的学科方向。作为生态学和沙漠学的一个交叉学科和新的研究领域,沙漠生态学对于促进生态学内涵发展,丰富完善生态学学科体系具有重要作用。研究内容包括沙漠或沙漠化地区的自然地理环境的基本特征、沙漠生物对极端环境的适应性特征、生态系统结构与功能、自然资源保护及其利用、生态服务价值和生态系统的综合管理等。在干旱、半干旱沙漠或沙漠化地区,沙漠生态学可以为区域沙漠化综合防治技术提供关键特有的生态学理论知识和科技支撑,为客观认识沙漠地区的独特生物资源及其利用、保护和经济发展提供了科学依据,对区域生态环境建设和经济社会的可持续发展具有重要推动作用,服务于国家生态安全屏障构建和生态文明建设^[30]。同时,我国沙漠生态学研究 and 学科体系构建完善,对于国际沙漠化治理研究亦具有重要的理论指导意义。

(2) 沙漠生态学的实践指导作用

沙漠生态学研究有利于沙漠地区自然资源的保护和和利用,有利于促进沙漠地区的经济社会可持续发展,有利于国家的生态安全建设^[10]。2023年6月6日在内蒙古巴彦淖尔市召开的加强荒漠化综合防治和推进“三北”等重点生态工程建设座谈会上^[8],习近平总书记强调,“要突出治理重点,全力打好三大标志性战役”;以及“要全力打好黄河‘几字弯’攻坚战”,“要全力打好科尔沁、浑善达克两大沙地歼灭战”,“要全力打好河西走廊—塔克拉玛干沙漠边缘阻击战”。三大标志性战役是目前最需要加强生态建设的地区^[30],需要沙漠生态学的学科理论提供实践指导。由于沙漠生态系统的环境严酷性和脆弱性及其不稳定性,基于沙漠生态系统的功能特征和生态环境建设的需要,沙漠生态系统的研究更具有实践指导意义。特别是为沙漠矿产资源、旅游资源、风光资源等自然资源的开发与利用,以及沙漠水资源、沙漠濒危植物和药用植物、沙漠濒危动物与生物多样性等沙漠生态系统保护可以提供基础性理论支撑。

5 沙漠生态学学科发展成果与未来发展思考

实际上,沙漠生态学的发展起始于20世纪初期,到形成完整的学科体系,迄今已有100多年的历史^[12]。关于沙漠生态学研究的前驱者当属于Kachkarov & Koro vine在中亚干旱区开展的相关研究^[5]。1996年,Cloudsley-Thompson围绕前期开展的工作提出了沙漠生态学的研究内容^[5],即沙漠生物个体的形态适应性和平行进化关系;生物体的生态生理适应性;植物与植食性动物间的关系;捕食-被捕食间的关系;沙漠生物间的寄生关系;沙漠生物群落间的相互作用及其食物网。1991年,Sowell在Desert Ecology一书中从沙漠生物如何适应沙漠环境方面全面梳理了沙漠生态学的研究内容^[6],包括沙漠环境、植物对干旱、加热、盐度的适应性,植物生活史以及如何适应鸟类和蜜蜂的传粉生态学,动物的适应性-温度调节和生理渗透调节,动物生活史,沙漠生态系统,自然世界的沙漠岛屿,以及沙漠中的人类。随后,2002年Whitford出版Ecology of Desert Systems^[24]、2017年Stephanie出版The Desert Biome^[26]等专著,推动了沙漠生态学得到蓬勃发展。

我国在50年代开始的包兰线沙坡头地段铁路治沙防护体系建立,极大的促进了沙漠生态学学科内容发展和学科内涵建设。特别是2012年赵哈林编著的《沙漠生态学》^[9, 12]专著问世,2019年卢琦和贾晓红编著的《荒漠生态学》^[10]研究生教材出版,标志着我国沙漠生态学学科逐渐成熟,学科体系逐渐完善,意味着沙漠生态学学科发展与学科理论将为国家和区域社会发展提供有力的人才支撑和知识贡献。实际上,面向未来,目前我国沙漠生态学的学科建设成果已经赶上或者超过了国际上沙漠生态学研究,处于国际领先地位^[34]。例如,在我国风沙区开展的“三北防护林生态工程建设”,不仅在防沙治沙技术与模式取得了突破性成果,为国际上沙漠化地区防沙治沙提供了可借鉴的经验技术,而且在学科理论与研究内容上为沙漠生态学国际合作提

供了指导。

总结来看,沙漠生态学在国内外得到迅速发展,学科内容和内涵日益丰富,为防沙治沙技术研发与模式应用推广提供了基础理论指导作用^[34]。尽管如此,在干旱、半干旱区,沙漠生态学学科发展仍需要面临沙漠自然生态系统这一属性的原始性和本底性,如何保护这一地质历史形成的自然景观,需要深入思考;在未来气候变化背景下,沙漠生物体响应与适应及对沙漠生态系统结构与功能的反馈机制,对于沙漠生态系统稳定性维持及可持续发展至关重要;沙漠生态系统与人类的关系如何平衡,如何实现人与自然和谐^[30],提升沙漠生态系统服务价值,合理保护与利用沙漠生态系统,是远景战略问题需要考量。

参考文献 (References):

- [1] 王松良, 克劳德·考德威尔. 生态学: 生态文明时代的核心学科——以乡村生态学对建设美丽乡村的指导作用为例. 福建农林大学学报 (哲学社会科学版), 2016, 19(3): 14-18.
- [2] 方精云. 生态学学科体系的再构建. 大学与学科, 2021, 2(4): 61-73.
- [3] 于贵瑞, 王秋风, 杨萌, 陈智. 生态学的科学概念及其演变与当代生态学学科体系之商榷. 应用生态学报, 2021, 32(1): 1-15.
- [4] 陈利顶, 吕一河, 赵文武, 卫伟, 冯晓明. 区域生态学的特点、学科定位及其与相邻学科的关系. 生态学报, 2019, 39(13): 4593-4601.
- [5] Cloudsley-Thompson J L. Current trends in desert ecology. Science Progress, 1996, 79(3): 215-232.
- [6] Sowell J B. Desert Ecology. Salt Lake: University of Utah Press, 2001.
- [7] 李新荣, 回嵘, 赵洋. 中国荒漠生物土壤结皮生态生理学研究. 北京: 高等教育出版社, 2016.
- [8] 吴勇, 张彬, 张腾扬, 刘洪超, 高炳, 乔栋, 张文, 王锦涛, 李亚楠, 刘雨瑞. 努力创造新时代中国防沙治沙新奇迹. 人民日报, 2023-06-08(001).
- [9] 王进东. 《沙漠生态学》出版发行. 北京: 中国科学报, 2012.
- [10] 卢琦, 贾晓红. 荒漠生态学. 北京: 中国林业出版社, 2019.
- [11] 崔桂鹏, 肖春蕾, 雷加强, 李晓松, 包英爽, 卢琦. 大国治理: 中国荒漠化防治的战略选择与未来愿景. 中国科学院院刊, 2023, 38(7): 943-955.
- [12] 赵哈林. 沙漠生态学. 北京: 科学出版社, 2012.
- [13] 吴正. 中国沙漠及其治理. 北京: 科学出版社, 2009.
- [14] 彼得罗夫著, 胡孟春, 李耀明译. 世界荒漠. 北京: 中国环境科学, 2010.
- [15] 王涛. 中国沙漠与沙漠化. 保定: 河北科技出版社出版, 2013.
- [16] 丁国栋. 沙漠学概论. 北京: 中国林业出版社, 2002.
- [17] 姚云峰, 王林和, 姚洪林, 马玉明, 马世威. 沙漠学. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 1998.
- [18] 徐崇玲译. 生态学概念和理论的发展. 北京: 中国科技出版社, 1992.
- [19] 王涛, 赵哈林, 肖洪浪. 中国沙漠化研究的进展. 中国沙漠, 1999, 19(4): 299-311.
- [20] 郑度. 沙漠, 重要的自然资源. 地球, 2021, (5): 1.
- [21] 曹伯勋. 地貌学及第四纪地质学. 武汉: 中国地质大学出版社, 1995.
- [22] 陈亚宁. 干旱区科学概论. 北京: 科学出版社, 2022.
- [23] Quinn J A. Desert Biomes. Greenwood: Greenwood Press, 1999.
- [24] Whitford W G. Ecology of Desert Systems. San Diego: Academic Press, 2002.
- [25] Liu R T. Ecology of Soil Fauna in a Desertified System. Beijing: Science Press, 2015.
- [26] Stephanie P. The Desert Biome. Berkeley: University of California Museum of Paleontology, 2017.
- [27] 中国学科及前沿领域发展战略研究项目组. 中国资源与环境科学 2035 发展战略. 北京: 科学出版社, 2023.
- [28] 赵济. 一本综合研究中国沙漠的科学专著——评介吴正主编《中国沙漠及其治理》. 中国沙漠, 2010, 30(5): 1245.
- [29] 戈峰. 现代生态学. 北京: 科学出版社, 2008.
- [30] 卢琦, 肖春蕾, 包英爽, 崔梦淳, 曹晓明, 却晓娥, 杨柳, 崔桂鹏. 打赢“三北”攻坚战, 再造一个“新三北”: 实现路径与战略规划. 中国科学院院刊, 2023, 38(7): 956-965.
- [31] 李俊清. 森林生态学(第2版). 北京: 高等教育出版社, 2010.
- [32] 王堃, 邵新庆, 刘克思. 草地生态学. 北京: 中国农业出版社, 2023.
- [33] 林文雄, 陈雨海. 农业生态学. 北京: 高等教育出版社, 2015.
- [34] Wang X M, Geng X, Liu B, Cai D W, Li D F, Xiao F Y, Zhu B Q, Hua T, Lu R J, Liu F. Desert ecosystems in China: past, present, and future. Earth-Science Reviews, 2022, 234: 104206.