

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.04.036

对生态学的再认识 ——评述 *Metabolic Ecology: A Scaling Approach* 一书

王 磊

(云南省林业和草原科学院昆明树木园, 云南 昆明 650201)

摘要:以“能否找到一个联系不同生态层次、水平和过程的桥梁?”和“是否存在一个普适性模型可对生态学的各种现象进行解释?”等两个问题作为开篇,推出了所要介绍的生态学著作 *Metabolic Ecology: A Scaling Approach*。文中综述了原著全书的结构和各章节的主要内容,强调了“代谢速率”这个关键性概念,并通过代谢速率这个桥梁,将动物和植物、个体和种群、群落以及生态系统联系起来,既回答了开篇之问,又引出了原著的核心内容。文中还列举了代谢生态学理念在人类学和非生物学领域的拓展与应用,同时还指出了代谢生态学理论的局限性和未来研究热点。

关键词:生态学;新陈代谢;代谢生态学;代谢速率

中图分类号:S718.5;S718.557 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)04-0213-03

引文格式:王磊. 对生态学的再认识——评述 *Metabolic Ecology: A Scaling Approach* 一书[J]. 林业调查规划, 2023, 48(4): 213-215. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.04.036

WANG Lei. Further Understanding of Ecology——A Review of *Metabolic Ecology: A Scaling Approach*[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(4): 213-215. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.04.036

Further Understanding of Ecology ——A Review of *Metabolic Ecology: A Scaling Approach*

WANG Lei

(Kunming Arboretum, Yunnan Academy of Forestry and Grassland, Kunming 650201, China)

Abstract: Starting with two questions “Can we find a bridge that connects different ecological grades, levels, and processes?” and “Is there a universal model that can explain various ecological phenomena”, the ecological work *Metabolic Ecology: A Scaling Approach* was introduced. This paper provided an overview of the structure of the original book and the main content of each chapter, emphasizing the key concept of “metabolic rate”. Through the bridge of metabolic rate, animals and plants, individuals and populations, communities and ecosystems were connected, which not only answered the opening question but also led to the core content of the original book. This paper also listed the expansion and application of metabolic ecology concepts in anthropology and non biological fields, and pointed out the limitations and future research hotspots of metabolic ecology theory.

Key words: ecology; metabolism; metabolic ecology; metabolic rate

收稿日期:2021-12-28.

基金项目:云南省科技人才与平台计划项目(202205AD160018);云南省重点研发计划项目(202203AE140002).

第一作者:王磊(1981-),男,云南墨江人,博士,副研究员.主要从事树种资源保护利用及森林生态学研究. Email:wlei222@sohu.com

生态学是研究有机体与周围环境相互关系的科学,是对地球生物圈中生命体系研究的拓展。传统生态学常被认为是宏观生物学,主要在生物个体、种群、群落、生态系统等层次上开展研究。自 20 世纪 90 年代以来,随着分子生态学的兴起,生态学的研究范围已深入到了分子、细胞等微观领域。由此可见,研究尺度跨度之大,研究对象之多样,学科分支之细密,是当今生态学发展的一大特点。然而,生态学作为一门科学,能否找到这样一个桥梁,将该领域中各个不同的层次、水平和过程联系起来?是否存在这样一个普适性的理论模型,它基于所有生命都具有的共同特征,并能根据数学原理进行推导,最终可对生态学中的各种现象进行阐释?人们长期以来苦苦思索并试图找到答案。恩格斯在《自然辩证法》中指出:“生命是蛋白体的存在方式,这个存在方式的基本因素在于它和周围外部自然界的不断新陈代谢”。这似乎已经给了人们暗示。新陈代谢是生命的重要属性之一,是生物与周围环境间物质交换与能量流动的严整有序的过程,也是生物生长、分化、繁殖、遗传、适应、演替的基础。新陈代谢速率决定了几乎所有生物活动的速率^[1]。不久前,由 Richard M. Sibly, James H. Brown 和 Astrid Kodric-Brown(2012)共同主编的 *Metabolic Ecology: A Scaling Approach* 一书就明确提出,代谢理论是生态学的基础,新陈代谢对于生态学的重要性,正如遗传学对于生物进化一样,认为代谢速率是最基本的生物学速率。该书于 2012 年 3 月由约翰·威立出版社(John Wiley & Sons, Ltd.)出版发行。

全书主体分为 3 个部分,共 25 章。在序言中,可以了解到编著该书的缘起是 Brown 等人于 2004 年发表的一篇论文——“Toward a Metabolic Theory of Ecology”^[1],并由此激发了之后一系列相关领域的研究。众多的专业人士和学者为该书的问世做出了卓越贡献。在该书的前言介绍中,作者指出“所有的生态学中的相互作用就如同生物学中物质、能量及信息交流的过程一样,即基本的新陈代谢过程。代谢速率是最基本的生物生态学速率”,并论述了书中围绕着一个基本思想,即新陈代谢能为生态学提供一个统一的理论基础,就类似于遗传学为进化论提供理论支撑。作者提出了 3 个问题(生物与环境之间进行交流的流量是什么?哪些物理学、化学和生物学的法则在调控这一交流过程?这一流通过程对生态学中的各个层级和在不同时空尺度上发生的生态学现象有何意义?),以便为读者洞悉生态

学提供新的视角。

该书第一部分(第 1~11 章)是基础部分,阐述了关于代谢生态学的一些基本方法和原理。其中第 1 章主要介绍了一些具体的方法,如数学模型的构建和数据的统计分析;第 2 章描述了生态学代谢理论模型的“主方程式”;第 3 章是关于化学计量学方面的知识,主要论述了一些基本化学元素和化合物在新陈代谢和生态学中的作用及影响;第 4 章介绍了在个体生长发育过程中,生物是如何分配能量和物质的;第 5 章所关注的是自然选择对生物生活史的塑造过程;第 6 章列举了一些关于新陈代谢对生物行为影响的案例;第 7 章论述了生物体的新陈代谢和代谢速率是如何对种群和群落造成影响的;第 8 章介绍了摄食生态学和食物网结构;第 9 章论述了生物体的代谢速率是如何在生态系统层次上发挥作用的;第 10 章描述了代谢速率对进化速率的影响;第 11 章介绍了新陈代谢与生物多样性的地理格局之间的关系。

第二部分(第 12~20 章)列举了一些代谢生态学理论的应用实例。其中第 12 章讲述了代谢生态学理论在原核生物和单细胞真核生物研究中的应用;第 13 章介绍了代谢生态学理论在水生生态系统浮游植物研究中的应用;第 14 章评述了代谢理论的基本原理在植物学(陆地生态系统)研究中的应用;第 15 章描述了代谢理论在海洋无脊椎动物研究中的应用;第 16 章论述了代谢理论在昆虫及其代谢速率研究中的应用;第 17 章介绍了代谢理论在陆生脊椎动物研究方面的应用;第 18 章讲述了代谢理论在海鸟和海洋哺乳动物研究方面的应用;第 19 章论述了代谢理论在寄生虫学研究中的应用及相互影响;第 20 章评述了代谢生态学理论在人类生态学研究中的应用,以及对人类演化和人类社会—经济体系的影响。

第三部分(第 21~25 章)指出了代谢理论的现实意义,并提出了一些具体应用措施。其中第 21 章涉及到人类对渔业的影响和管理,是基于代谢理论的海洋生态学研究概论;第 22 章介绍了生态学代谢理论模型在现代保护生物学中的作用和影响;第 23 章论述了气候变化对生物体新陈代谢的影响,进而对生物群落造成影响,认为代谢生态学理论可以帮助人们更好地理解生态系统对气候变化引起的异常环境条件的响应机制;第 24 章将代谢生态学的一些理念框架和模型扩展到了从交通运输网络到电脑芯片的各种人类工程系统中;第 25 章对全书内容进行

了综合概括,对生态学代谢理论模型的研究与应用进行了评述,最后提出了代谢生态学的核心问题,即“如何通过个体生物间的尺度关系及形态、生理、行为等限制因素来映射出各种群、群落和生态系统的显著特征?”。

新陈代谢是生命体最基本的特征,也是生物和非生物的根本区别。基于“代谢速率(即有机体摄取、转化和消耗能量与物质的速率)是最基本的生物学速率”这一假设,在1997年,由Geoffrey B. West, James H. Brown 和 Brian J. Enquist 首先提出了代谢生态学理论^[2]。2002年,Allen 等提出用这一理论框架解释大尺度上生物多样性梯度变化的机制,尤其是纬度梯度多样性^[3]。代谢理论可以解释个体生长、发育、种群动态、分子进化、环境中化学元素的通量,以及物种多样性模式等。或者说,代谢生态学理论认为,所有生命受到共同的物理和生物进化规律的制约,都受到个体质量的制约,并通过代谢速率这个桥梁,人们可以在动物和植物、个体生物学和种群、群落以及生态系统生态学之间建立起有机的联系^[1,4]。经过一段时期的发展,代谢生态学的理念已经逐步超越了传统的生物与生态学范畴,开始向探索人类活动领域和社会性昆虫的研究方面拓展,甚至已经渗入进了非生物学领域中,如作者在书中提到的高速公路网控电脑芯片的工程设计^[5];以及邱玉琢等^[6]在代谢生态学理论的基础上,对综合交通运输体系运量需求演化机制进行的研究。

代谢生态学理论作为一个崭新的理论体系,自从提出以来就备受关注,同时也伴随着一些争议。代谢理论可以解释许多,但不是所有的生态学现象。研究对象的个体大小和体温差异越大,代谢理论就越可以发挥效用,但是它不能用于解释个体大小相近的不同物种间的竞争共存机制,以及不同个体大小的共生物种在能量获取和代谢速率上的一致性。这一理论的完善也需要结合更多的其他有关生物多样性的研究方法,使其能更切合实际地预测生物多样性分布规律。随着代谢理论的不断发展和完善,代谢速率假说有可能成为解释生物多样性分布规律的普适性原理。正如任何一门学科或理论体系的建

立,都须经过长期的探索和反复的求证方能日臻完备,代谢生态学也不例外,还存在许多重要的科学问题亟待解决,就如 *Metabolic Ecology: A Scaling Approach* 一书中所指出的,生态学是研究所有关于生物与环境相互作用的科学,探究能量与物质是如何在这些相互作用过程中进行交流,以及这些通量是如何影响生物体和环境本身,这将为生态学领域的研究开启一片新的天地。这也需要广大科技工作者为之不断努力。

总之, *Metabolic Ecology: A Scaling Approach* 一书内容丰富、全面,论述详尽,图文并茂,学术水平高,实用价值大,是一部优秀的生态学研究著作。书后还附有术语汇编、参考文献及关键词索引,是一本关于代谢生态学的重要参考书,适合分子生态学、个体生态学、种群生态学、种群遗传学、群落生态学、生态系统生态学、进化生物学、保护生物学、环境生态学等相关领域的科研人员学习和参考。

参考文献:

- [1] BROWN J H, GILLOOLY J F, ALLEN A P, et al. Toward a metabolic theory of ecology[J]. *Ecology*, 2004, 85: 1771-1789.
- [2] WEST G B, BROWN J H, ENQUIST B J. A general model for the origin of allometric scaling laws in biology[J]. *Science*, 1997, 276: 122-126.
- [3] ALLEN A P, BROWN J H, GILLOOLY J F. Global biodiversity, biochemical kinetics, and the energetic-equivalence rule[J]. *Science*, 2002, 297: 1545-1548.
- [4] 韩文轩, 方精云. 相关生长关系与生态学研究中的尺度转换[J]. *北京大学学报(自然科学版)*, 2003, 39(4): 583-593.
- [5] SIBLY R M, BROWN J H, KODRIC-BROWN A. *Metabolic Ecology: A Scaling Approach* [M]. Chichester: John Wiley & Sons, 2012.
- [6] 邱玉琢, 陈森发, 陈涛. 基于代谢生态学的综合运输体系需求演化机制[J]. *东南大学学报(英文版)*, 2009, 25(2): 271-273.

责任编辑: 刘平书