

生态学的发展趋势及研究热点

19世纪以来,随着世界人口剧增、人类对自然资源及环境的不合理开发和利用、对生态系统的不断干扰和破坏,全球生态环境发生急剧变化,出现全球变暖、海平面上升、大气和水体污染、生物入侵、生物多样性消失、荒漠化加剧、生态系统退化、水资源短缺等一系列全球性生态与环境问题和生态灾难。生态学是研究生物与环境之间相互关系和作用的科学,可促进人类更好地认识、管理、恢复、创建生态系统,能够也应该成为未来人类与自然生态系统共存的理论依据和行动指南。

近年来,生态学在生态系统与全球变化、生态系统服务功能评估、生物入侵与生物灾害控制、生态恢复与恢复生态学、生物多样性与保护生物学、人类生态与生态健康等前沿领域取得了一定进展。目前,生态学更加注重强化科学发现与机理认识,强调多过程、多尺度、多学科综合研究,关注系统模拟与科学预测,重视服务社会需求。从发展趋势看,全球变化生态学、生态系统服务功能、极端生境生态学及退化生态系统恢复重建、生物多样性保护、生物入侵机制与控制、生物地球化学循环、水资源管理生态学、传染病生态和进化、生态文明建设与可持续发展生态学等将成为生态学重点关注的问题和领域。

1) 生态系统与全球变化研究。生态系统和全球变化科学主要是从生态系统的物质循环与能量平衡角度,研究地圈-生物圈-大气圈的相互作用关系,探讨全球变化的成因与控制机制,揭示生态系统空间格局和时间动态的变化规律,预测未来的发展趋势及生态系统对全球变化的响应与反馈。近年国际生态学界在陆地生态系统碳/氮/水通量的联网观测及其过程控制、陆地生态系统碳/氮循环过程对气候变化响应野外控制试验、陆地生态系统碳/氮循环模拟模型研究、陆地生态系统对全球变化的响应和适应的样带研究、生态系统及区域碳储量和碳收支的综合计量评价等方面取得了一定进展。当前更加关注全球/大陆和流域尺度的复杂生态系统动态过程、区域生态系统内部各亚系统间的耦合关系、各种生态环境问题间的相互作用关系等问题,其中生态系统碳循环与全球变化、生态系统水循环与水资源、全球变化与生物多样性是最为重要的三大优先研究领域。目前,该领域的研究焦点是生态系统过程、结构和功能对全球变化的响应和适应机制,方法导向是生态系统联网观测、多因子控制实验和数据-模型融合,主要目标是定量评估和科学预测生态系统对气候与环境变化的响应。

亟须解决的重要科学问题是:①重要生物类群和典型生态系统对全球变化的响应及敏感性。以代表性物种和生物类群、典型生态系统为研究对象,研究它们对全球变化主要驱动因子(如温度、水分、氮沉降、人类活动)的响应和敏感性、主要生物类群对全球变化的适应性进化、全球变化情境下对生态系统结构和功能产生的后果、全球变化对植物-动物-微生物之间关系的影响、生态系统的生产力和稳定性,揭示不同组织层次和营养级水平关键物种的适应机理,验证全球变化生物学领域的相关理论和假说;②生态系统过程对全球变化的适应性及反馈作用。从理论和实验上研究生态系统对全球变化的适应性和可能的反馈作用,包括全球变暖、CO₂升高、氮沉降等全球变化主要因素,通过叶片-个体-群落-生态系统产生的反馈作用,包括对水分循环、碳循环等生态系统过程的影响,研究物种更替对生态系统可能产生的后果和机理、地下碳/氮/水循环过程对全球变化的适应性和反馈机制;

③生态系统格局和过程对未来气候变化的影响。将生态系统格局和过程的研究成果模型化,改进当前的动态全球植被模型,使之更适用于区域研究。围绕模型的检验和参数化,强化物候/树木生长(年轮)和死亡、大尺度生物量和生产力格局(遥感)等数据的积累。基于全球化区域气候变化及土地利用变化的预测结果,模拟不同生态系统格局和过程对气候变化响应和适应行为;④应对气候变化的生态系统管理的策略。从生态系统、流域和区域管理角度,研究应对全球气候变化的措施/技术和管理制度体系、全球气候变化对生态系统碳收支的影响、全球气候变化对生物灾害发生及外来物种入侵的影响、生物灾害的风险预警及其维持生态系统功能和生物多样性保护的策略。

未来的重点发展方向是:全球变化敏感区生物类群、生态系统对全球变化主导因素的响应及敏感性,生物多样性与生态系统功能关系的联网实验,全球变化背景下生物入侵预警及其生物多样性保护策略,土壤生物及生态过程对全球气候和环境变化的响应与适应,生态系统碳/氮/水循环过程及其耦合关系对全球气候变化的响应与适应,全球变化对生态系统化学计量学特征的影响等。

2) 生态系统服务功能研究。生态系统服务功能指生态系统形成和所维持的人类赖以生存和发展的环境条件与效用,其研究重在认识生态系统服务功能形成、演变、调控的机制及其空间格局、尺度特征、评估方法,该领域已成为生态学研究热点,目前的研究主要集中在生物多样性与生态系统服务功能、生态系统服务功能的时空尺度特征、生态系统服务功能的时空格局变化及驱动机制等。

未来的重点发展方向是:①生态系统服务功能形成机理研究。人类活动在不断改变生态系统组成、结构和功能过程中,严重削弱了生态系统服务功能。如何保育和管理生态系统、改善生态系统的服务功能、保障区域生态安全就成为亟须解决的问题。需对生态系统服务进行全面、深入的生态学理解,明确生态系统服务功能的形成机制和评估方法,认识生态系统结构-过程-服务功能的定量关系,确定生态系统管理的关键组分、边界、范围,了解不同管理方式下生态吸引服务功能的变化、生态系统服务功能与人类活动的关系等;②生物多样性与生态系统服务功能研究。关于生物多样性与生态系统服务功能的关系目前有两种看法:生物多样性对生态服务功能有积极影响、生物多样性影响生态系统服务功能尚缺乏有力证据。因此,明确生态系统服务功能的提供者及其丰富度、测度和估计每一提供者对群体功能的贡献及效率成为重点;③生态系统服务功能的时空尺度特征研究。生态系统服务功能取决于一定时间和空间上的生态系统结构和生态过程。要确定自然生态系统是怎样提供生态服务的,必须由一明确测度方法并了解相应尺度生态系统服务功能的动力学机制及尺度效应。需重视研究生态系统服务的时空尺度特征、不同尺度生态系统服务功能的转换与侧重、同一尺度内部生态系统的相互作用等;④气候和土地利用变化对生态系统服务功能的影响机制研究。典型的气候和土地利用变化会导致生态系统服务功能供给的变化,其影响途径主要是改变生物多样性、改变生态系统过程、改变生境。研究生态系统服务功能的时空格局变化及驱动机制,明确其影响因子、途径及效应成为重点。

3) 生物入侵基础与应用研究。入侵生物学是研究外来物种的入侵性与生态系统的可入侵性、外来入侵物种预防与控制的科

学,学科范畴主要包括外来有害物种在入侵过程中的传入与种群构建、生存与适应、演变与进化、种间互作的生物内在特性,环境响应与系统抵御的外部特征及预防与控制的技术基础等,研究重心是入侵生物传入至成灾的过程与机理、入侵过程中的防控技术。近年主要围绕外来有害生物的入侵种群的形成与发展、入侵种生态适应性及进化机制、生物入侵对生态系统结构与功能的影响机制,从入侵种本身的入侵特性、与本地种互动中的逐步扩张、本地生态系统的可入侵性等展开研究。

未来的重点发展方向是:① 生物入侵基础研究。针对外来有害生物入侵的不确定性和入侵后的爆发性,选择农业、林业、湿地与淡水生态系统中有代表性的已入侵和潜在入侵生物为对象,以外来有害生物入侵过程中的入侵潜能、遗传变异、生态适应、系统响应等关键问题为核心,着重研究外来有害物种入侵的生物学特性和生态学特征,入侵种的适应性进化、入侵种与本地种间的互动与竞争关系、对生态系统结构与功能的影响等问题;揭示生物入侵过程中遗传分化的分子机理、种群形成与扩张的生态机制;解析入侵物种与本地物种间相互竞争的作用机制、被入侵系统的生物群落抗性、生物入侵对生态系统的功能影响机理;研究不同尺度上生物入侵的机理、过程、生态系统功能变化及反馈;以重大危险性外来入侵物种为主要对象,从宏观尺度、生态系统核心尺度、微观尺度,开展入侵物种的灾变过程及暴发机制、生态系统对入侵物种的响应机制、入侵物种的早期预警与控制基础研究;② 外来入侵生物的控制研究。着重研究潜在入侵植物病害的快速分子检测、基于 DNA 条形码的网络远程识别、基于诱剂与诱饵的入侵昆虫野外监测/数据实时分析、外来入侵生物及潜在入侵生物的适生性风险评估与风险治理决策、口岸检疫与除害处理、农业入侵植物和昆虫的应急与根除处理、农林入侵生物的生物防治与生态修复等预防和控制技术。

4) 恢复生态学研究。恢复生态学是研究生态系统退化的过程与原因、退化生态系统恢复的过程与机理、生态恢复与重建的技术与方法的科学。恢复生态学是现代生态学的热点之一,近年在森林、草地、土壤、湿地、矿区、农业、城市等退化生态系统及极端退化生境恢复与重建的理论与技术等研究中取得了一定进展。

恢复生态学的前沿为:① 自然生态系统发展规律与生态系统参照系研究。要恢复退化的或已被破坏的自然生态系统,就需认识其原本的生态系统状态及其发展过程,并以此建立生态系统参照系。以生态历史为“镜”,通过模拟/实验/观测等多方面的手段保护现存可用的原始生态系统、建立具有良好服务功能的生态系统成为生态恢复的发展方向;② 受外来入侵破坏生态系统的恢复研究。阈值和交替的稳定状态是影响生态恢复结果的关键因子,生态恢复要探讨退化因子及变异反馈;生物入侵会导致生态系统在组成结构上发生不可逆转的改变,它所产生的生物阈值可能将难以逆转,会对生态恢复产生长久的影响,因此控制入侵物种是很多生态恢复工程的关键;③ 全球变化与生态恢复的相互作用研究。生态恢复影响着全球碳库动态、物质的生物地球化学循环、生物多样性的维护、人类的生存环境等,对大气化学成分变化、气候变化等也有重要的反馈作用,其理论研究和实践对于人类生活乃至全球变化都至关重要;④ 退化生态系统恢复的整合研究。生态系统的不同组分对生态恢复均有贡献,从不同专业/学科/角度分析、多学科整合研究生态系统不同组分对生态恢复的贡献、效应、机制具有重要意义;⑤ 高危退化生态系统类型的生态恢复研究。过去大量的研究集中在森林、草地、湿地、农业等典型退化生态系统类型的恢复上,目前珊瑚、特殊湿地、热带雨林等高危退化生态系统类型的生态恢复引起了特别关注;⑥ 生态恢复的宏观与微观研究。在生态系统的退化过程和退化生态系统的生态恢复过程中,生态系统的结构和功能在不断变化,可比较连续的遥感信息或不同时期的遥感信息研究其关键指标、发展动

态;种群退化与濒危的机理、种群生活力和繁殖力、生态环境因子胁迫导致的种群退化响应等,则需利用分子生物学的研究手段;⑦ 水土流失控制与土壤恢复的过程与机制研究。土壤侵蚀是土地退化的主要原因,也是导致生态环境恶化的最严重的问题,而表土的损失是造成生态系统功能退化的主要原因。修复受损的土壤生态系统、促进生态系统的提高成为生态恢复的热点;⑧ 生态恢复的生态系统服务功能评价与生态系统管理研究。重点是将生态恢复与环境市场的发展相结合,通过生态恢复,获得可以出售和买卖的生态系统服务功能;设计生态恢复时,考虑生态系统的构造特征与生态过程特征;建立科学完善的评价体系,评估生态系统服务功能。

5) 生物多样性与保护生物学研究。生物多样性指生物和它们组成的系统的总体多样性和变异性,一般包括遗传多样性、物种多样性、生态系统多样性。保护生物学主要研究如何保护生物物种及其生存环境,从而保护生物多样性。生物多样性和保护生物学是生态学当前的研究热点,主要核心领域是生物多样性的生态系统功能、起源/维持/丧失、编目与分类、监测/保护/恢复/持续利用,目前进展较快的研究方向是生物多样性现状评估和保护生物地理学、生物多样性的生态系统功能、宏生态学、谱系生物地理学、全球变化对生物多样性的影响、DNA 条形码技术和生物多样性调查/编目/监测等。

生物多样性与保护生物学研究的关键问题为:生态系统的功能和服务价值、气候变化、技术变化、保护区、生态系统管理与恢复、陆地生态系统、海洋生态系统、淡水生态系统、物种管理/组织系统及其过程等。主要问题是:各个生物多样性组分的形成和维持机制、生物多样性与生态系统功能和服务价值的关系、经济社会结构和技术的变化对生物多样性的影响、珍稀濒危物种的评估/保护和复壮技术、生物多样性保护的区域规划及其方法论等。重要课题有:农业生物多样性、资源生物多样性、大型工程项目开发对生物多样性的影响、基础建设的生态影响评价、城市化对生物多样性的影响及保护等。

6) 人类生态与生态健康研究。人类生态学是应用生态学基本原理研究人类及其活动与自然和社会环境之间相互关系的科学。生态健康广义上指测度人的生产生活环境及其赖以生存的生命保障体系的代谢过程和服务功能完好程度的系统指标,包括人体和人群的生理和心理生态健康、人居物理环境/生态环境/代谢环境健康、产业和区域生态服务功能健康等。目前主要研究人体和人群的生理和心理生态健康、不同类型生产和生活活动的物质能量代谢过程的健康、区域自然和人文生态服务功能的健康,从涉及人类和动物公共卫生实践到自然资源保护、生态系统管理、城乡发展统筹规划等各个接点,应用生态系统原则应对人类健康与可持续发展的挑战。

人类生态与生态健康研究的重点为:① 自然医学生态学:注重人和动物间传染病和地球化学性疾病的生态学问题,特别是地方病、自然疫源性疾病、人兽共患传染病;② 食物链对健康影响的生态学:在食品安全和膳食营养领域重点突出食品污染、饮食文化与营养平衡、肠道微生态和食品安全、膳食平衡与生态食品等;③ 生态卫生:用生态系统的方法解决人类粪便的处理等;④ 人类活动、城市化、全球化与人类健康:注重环境污染、自然灾害、臭氧层等与人类健康的关系;⑤ 人类学领域的生态学:注重人类在生物和文化方面对环境的生态适应;⑥ 人口、心理、伦理与健康关系的生态学:注重人类种群与生态环境关系、人类行为与精神生活的问题等。

注:本文据《生态学学科发展报告(2009-2010)》编写,详细内容请参见“中国生态学会 编著. 生态学学科发展报告(2009-2010)[M]. 北京:中国科学技术出版社,2010”。

(责任编辑 陈广仁)