

PLANT LITTER
E C O L O G Y

植物凋落物
生 态 学

刘 强 彭少麟/著



科学出版社
www.sciencep.com

植物凋落物生态学

刘 强 彭少麟 著

科学出版社

北 京

Plant Litter Ecology

Liu Qiang Peng Shaolin

内 容 简 介

本书提出了建立植物凋落物生态学这门学科的必要性,并构建了植物凋落物生态学的学科基本框架。通过对大量植物凋落物研究文献的综合分析,结合作者的研究成果,本书提出植物凋落物生态学是研究陆地生态系统中有关植物凋落物产生、留存和分解的过程、机理以及与周围环境之间相互关系的科学,是生态系统生态学的一个分支。该学科既在研究植被生态系统的功能动态中有重要意义,也在研究全球变化对陆地生态系统的影响中具有重要意义。

本书共分九章。第一章提出了植物凋落物生态学的含义及其研究内容和方法;第二章是凋落物生物量的研究;第三章是凋落物分解的研究;第四章是凋落物理化性质与凋落物分解速率的研究;第五章是气候因素与凋落物分解速率的研究;第六章是土壤生物与凋落物分解的研究;第七章是影响凋落物分解的多因素综合分析;第八章是全球变化与凋落物分解的研究;第九章是凋落物与植物群落动态的研究。

本书可供从事生态学、环境科学、林业和农业的科研、教学人员,以及高等院校研究生和高年级学生参考。

图书在版编目(CIP)数据

植物凋落物生态学=Plant Litter Ecology/刘强,彭少麟著. —北京:科学出版社, 2010

ISBN 978-7-03-026343-8

I. 植… II. ①刘…②彭… III. 凋萎-植物生态学 IV. Q945.17

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 243909 号

责任编辑:李秀伟 李晶晶 王 静/责任校对:陈玉凤

责任印制:钱玉芬/封面设计:王 浩

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

骏 杰 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 1 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2010 年 1 月第一次印刷 印张:12 1/2

印数:1—1 500 字数:232 000

定价:45.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

Summary

This book sets out to provide the necessity to build the discipline of plant litter ecology and the basic framework of plant litter ecology. *Plant Litter Ecology* is defined as the study of the processes and mechanisms of the production, retention and decomposition of plant litter in terrestrial ecosystems and the relationship between them and their environment. It is a branch of ecosystem ecology. The study is important both in research of the functions and dynamics of vegetation ecosystem and in research of the impacts of global change on terrestrial ecosystem.

This book consists of nine parts, comprehensively introducing the following aspects: the definition, contents and methods of plant litter ecology, studies on plant litter biomass, studies on plant litter decomposition, physicochemical properties of plant litter and plant litter decomposition, climatic factors and plant litter decomposition, decomposers and plant litter decomposition, synthesis of factors impacting on plant litter decomposition, global change and plant litter decomposition, and plant litter and dynamics of plant community.

This book will become a reference book for researchers, teachers, post graduate students and advanced undergraduates who study and work in the fields of ecology, environment science, forestry and agriculture.

作者简介

刘 强 1965 年 4 月生于四川省自贡市。植物学博士，教授，硕士生导师，留英、留德归国学者。海南师范大学生命科学学院副院长，海南省植物学会副理事长，海南省林学会常务理事，海南省生态学会理事。

1988 年 7 月毕业于华东师范大学生物系，分别于 1985 年 7 月和 1988 年 7 月获理学学士、硕士学位；1998 年 9 月毕业于德国德累斯顿工业大学林学系，获理学硕士学位；2003 年 7 月毕业于中国科学院华南植物研究所，获理学博士学位。英国皇家学会研究基金获得者。2005 年 11 月至 2006 年 11 月在英国威尔士大学（班戈尔）环境与自然资源学院作为访问教授开展合作研究。

长期在海南从事热带植物和林业资源、植物生态学及恢复生态学研究。对植物凋落物的生态学研究 and 热带海岸生态恢复的研究有独到见解和创新。已发表论文 80 余篇，SCI、EI、ISTP 收录论文 9 篇；参与撰写学术专著 3 部。获得海南省科技进步奖二等奖两项、三等奖两项，获海南省社会科学优秀成果奖三等奖一项。2009 年荣获海南省优秀青年称号。

彭少麟 1956 年 10 月生，中山大学生态与进化研究所所长、生物防治国家重点实验室首席教授、生态学博士、研究员、博士生导师。

1982 年毕业于中山大学植物学专业并于中国科学院华南植物研究所工作。曾先后留学美国、德国、英国、澳大利亚等国家，1993 年晋升为研究员。1997 年任中国科学院广州分院常务副院长，2001 年任中国科学院华南植物研究所所长，2003 年 9 月获聘广东省特聘教授，中山大学生命科学学院教授。

主要从事生态学研究，对数量生态学、群落生态学、森林动态学和系统生态学等分支学科的基础理论研究均有重大建树。发表论文 380 多篇，其中 SCI 和 EI 收录论文 40 余篇。出版专著 14 部，其中《南亚热带森林群落动态学》等 4 部专著均为我国相应学科的首部专著。先后获国家级和省部级优秀论文奖 9 篇次，国家级和省部级科技进步奖和自然科学奖 10 项，国家级优秀科技图书奖 1 项。其中，“广东热带沿海侵蚀地植被恢复及其效应”课题分别获中国科学院科技进步奖一等奖和国家科技进步奖二等奖。1991 年先后获中国科学院青年科学家奖和国务院学位办、国家教委联合授予的“有突出贡献的中国博士学位获得者”称号和奖章；1993 年入选“广州市十大杰出青年”；1998 年获中国科学院优秀博士生导师奖；1999 年获全国“五一”劳动奖章。

前 言

植物凋落物在陆地植被生态系统中的物质循环、能量流动和信息传递这三大功能中都发挥着作用。在陆地生态系统中，植物是第一性生产者，凋落物是植物生物量的组成部分。凋落物通过淋溶和分解，将各种元素释放出来，归还土壤，又成为植物根部养分的来源之一。同时，凋落物作为食物链的一个环节，为栖居于土壤和凋落物的动物和微生物提供物质和能量，并为它们提供栖息地，因此与土壤生物亚系统相联系。凋落物分解的最终产物——腐殖质还是土壤腐殖层的主要成分，影响土壤的理化性质，在土壤的发育中发挥作用，因此与土壤亚系统相联系。植物凋落物的分解是全球碳平衡的一个关键环节，据报道，凋落物（包括根凋落物）的分解大约贡献了70%的年总碳通量，因此凋落物分解又与大气系统相联系。凋落物在生物地球化学循环中具有重要的意义。凋落物的积累与分解一直都被认为是控制植被结构和生态系统功能的一个复杂而重要的因素。

作者认为凋落物既不同于生活的植物体，又区别于矿质元素，是生命形态从有序向混沌衰变的中间环节，通过物质流、能量流，甚至信息流，既联结陆地生态系统中的生产者、分解者和消费者亚系统，又联结生物亚系统和非生物的环境亚系统，是陆地生态系统中的一个核心结点。大量的以凋落物为核心的研究已经为凋落物生态学形成一个专门研究领域积累了丰富的资料，奠定了初步的基础。大量有关凋落物的研究分散在各类文献中，还没有一部综合性的专著。为了将以凋落物为中心展开的生态学研究系统地归纳总结，推动凋落物生态学的进一步发展，我们认为有必要建立凋落物生态学的研究体系。作者试图通过本书构建凋落物生态学的基本框架，认为凋落物生态学是研究陆地生态系统中植物凋落物产生、留存和分解的过程、机理以及与其周围环境之间相互关系的科学，是生态系统生态学的一个分支。作者结合自身的研究工作，综合大量的文献，著述这本《植物凋落物生态学》，希望能为该领域的研究者提供一部有价值的参考书。

本书包含9个部分，囊括了有关植物凋落物研究的主要内容。从对植物凋落物生态学的含义和研究内容介绍开始，首先介绍了植物凋落物生态研究的两大主要内容：凋落物生物量的研究（第二章）和凋落物分解的研究（第三章）。然后着重介绍凋落物分解的研究，围绕制约凋落物分解的三大主要因素——决定凋落物自身降解性的有机质特征、分解者群落的属性和物理化学环境，分别介绍了凋落物理化性质与凋落物分解速率（第四章）、气候因素与凋落物分解（第五章）

和土壤生物与凋落物分解（第六章），在此基础上分析了上述因素的综合作用（第七章），对当前研究热点——全球变化与凋落物分解（第八章）做了专章介绍，最后介绍了凋落物对植物群落动态的效应（第九章）。其中，还介绍了作者在完成国家自然科学基金重大项目（3989937）子课题“热带亚热带森林凋落物分解对全球变暖的响应”时对热带尖峰岭和亚热带鼎湖山进行的跨气候带森林凋落物交互分解的研究工作，以4个研究案例的形式分别穿插到相应的章节（第三章、第四章、第六章）。由于对全球变暖与凋落物分解的研究，而特别关注了全球变化与凋落物分解的相关研究领域，作者之一刘强教授在英国威尔士大学（班戈尔）环境与自然资源学院作为访问教授期间，收集了大量的相关文献，为这部分内容准备了充分的资料。

本书从构思到写作完成历时四年多，作者在国内的相关研究得到了国家自然科学基金重大项目（3989937）、国家重点基础研究发展计划（“973”计划）前期专项课题（2008CB117008）、中国科学院知识创新工程项目（KZC2-407）、广东省自然科学基金重大项目（980952）、教育部科技研究重点项目（205126）、海南省教育厅科研项目（Hjkj200217）等项目资助，以及海南省重点实验室——海南热带动植物生态学实验室研究基金、海南省生态学重点学科建设基金的支持，在国外的研究得到了英国皇家学会研究基金（The Royal Society KC Wong Education Foundation）（LJC/China/2005R1/Liu）的资助，在此深表感谢！

中国科学院华南植物研究所生态中心的任海研究员、李志安研究员、赵平研究员、夏汉平研究员、李跃林博士、王峥峰博士等在研究方面给予了很大帮助。野外工作得到华南植物研究所鼎湖山生态系统定位站的黄忠良研究员、莫江明研究员、张佑昌先生，尖峰岭自然保护区保护站的蒋忠亮先生、郭宁先生，热带林业研究所尖峰岭生态系统定位站的李意德研究员、林明献先生的大力支持。参与野外工作和实验室工作的还有：海南师范大学的张洪溢副教授、王锐萍教授、熊燕副教授、马文辉博士、李妮亚副研究员、毕华教授、郑燕影硕士、辛琨博士、王力军博士、洪美玲博士，硕士生王敏英、高静，以及当时在读的本科生王绥鹄、丁亚凤、符素贞、叶照丽、冯太生、陈欢、薛宁、文艳、林开豪、李捷、徐建平、张永炳、梁战凯、任磊、徐炳金等，特此感谢！当时华南植物研究所读的博士研究生李勤奋、柳江、陆宏芳、文军、汪殿蓓、杨柳春、易润华等也在文献收集和资料整理方面给予了很多帮助。海南师范大学历任领导刘和忠校长、韩长日校长，生物科学学院史海涛院长给予了很多支持和关怀。英国威尔士大学（班戈尔）环境与自然资源学院的 John Healey 博士、Davey Jones 教授、Mark Narson 博士等参与了对本书的深入讨论。作者刘强的妻子周东霞、儿子刘顿帮助做了大量数据录入和文字输入工作。在此一并致谢！

本书写作期间，新的研究和新的文献不断涌现，作者尽力将主要的新文献收入书中。尽管如此，仍然未能将该领域的研究都介绍到。限于学识和水平，我们可能对植物凋落物生态学的认识和研究还很粗浅，有不妥之处，敬请同行专家指正。

刘 强 彭少麟

2009年2月

于海南师范大学和中山大学

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 植物凋落物生态学的含义	1
第二节 凋落物生态学研究的内容和方法	7
参考文献	8
第二章 凋落物生物量的研究	13
第一节 凋落物生物量和凋落物类型	13
第二节 凋落物生物量的研究方法	14
第三节 凋落物生物量的地理分布格局	15
第四节 影响凋落物产量的因素	18
参考文献	23
第三章 凋落物分解的研究	26
第一节 凋落物分解的速率	26
第二节 凋落物分解速率的阶段性变化	35
第三节 实例研究 1——尖峰岭和鼎湖山森林凋落物交互分解研究	37
参考文献	44
第四章 凋落物理化性质与凋落物分解速率	52
第一节 凋落物的化学组成和凋落物分解	52
第二节 凋落物化学性质（基质质量）与分解速率	54
第三节 凋落物物理性质与分解速率	59
第四节 混合凋落物的相互作用	61
第五节 实例研究 2——尖峰岭和鼎湖山森林凋落叶交互分解的 元素动态研究	64
参考文献	78
第五章 气候因素与凋落物分解	87
第一节 气温与凋落物分解	87
第二节 水分与凋落物分解	88
第三节 气候综合指标与凋落物分解	89
参考文献	91

第六章 土壤生物与凋落物分解	94
第一节 土壤动物与凋落物分解	94
第二节 实例研究 3——尖峰岭和鼎湖山森林凋落叶交互分解的 土壤动物动态研究	98
第三节 土壤微生物与凋落物分解	117
第四节 实例研究 4——尖峰岭和鼎湖山森林凋落叶交互分解的 土壤微生物动态研究	119
参考文献	129
第七章 影响凋落物分解的多因素综合分析	136
第一节 单个因素的作用	136
第二节 因素之间的相互作用	138
参考文献	140
第八章 全球变化与凋落物分解	143
第一节 全球变暖与凋落物分解	144
第二节 大气 CO ₂ 浓度上升与凋落物分解	147
第三节 增强的太阳 UV-B 辐射与凋落物分解	154
第四节 氮添加与凋落物分解	157
第五节 全球变化多因素共同作用下的凋落物分解	158
第六节 问题和未来的挑战	159
参考文献	164
第九章 凋落物与植物群落动态	175
第一节 凋落物的物理效应	175
第二节 凋落物的化学效应	177
第三节 凋落物的生物学效应	177
参考文献	181

Contents

Preface

Chapter 1 Introduction	1
Section 1 What is plant litter ecology?	1
Section 2 Contents and methods of plant litter ecology	7
References	8
Chapter 2 Studies on biomass of plant litter	13
Section 1 Type and biomass of plant litter	13
Section 2 Study methods for plant litter biomass	14
Section 3 Global pattern of plant litter biomass	15
Section 4 Factors impact on plant litter productivity	18
References	23
Chapter 3 Studies on plant litter decomposition	26
Section 1 Plant litter decomposition rate	26
Section 2 Change of litter decomposition rates in different decomposition phases	35
Section 3 Case study 1—Studies on forest leaf litter reciprocal decomposition in southern China	37
References	44
Chapter 4 Physicochemical properties of plant litter and plant litter decomposition	52
Section 1 Plant litter chemistry and plant litter decomposition	52
Section 2 Chemical properties of plant litter and plant litter decomposition	54
Section 3 Physical properties of plant litter and plant litter decomposition	59
Section 4 Interaction of mixed plant litters	61
Section 5 Case study 2—Nutrient dynamics of forest leaf litter during decomposition in southern China	64
References	78

Chapter 5 Climatic factors and plant litter decomposition	87
Section 1 Temperature and plant litter decomposition	87
Section 2 Moisture and plant litter decomposition	88
Section 3 Comprehensive index of climate and plant litter decomposition	89
References	91
Chapter 6 Decomposers and plant litter decomposition	94
Section 1 Soil fauna and plant litter decomposition	94
Section 2 Case study 3—Dynamics of soil fauna during litter decomposition in tropical and subtropical forests in southern China	98
Section 3 Soil microorganisms and plant litter decomposition	117
Section 4 Case study 4—Dynamics of soil microorganisms during litter decomposition in tropical and subtropical forests in southern China	119
References	129
Chapter 7 Synthesis of factors impact on plant litter decomposition	136
Section 1 Function of single factors	136
Section 2 Interaction of multi-factors	138
References	140
Chapter 8 Global change and plant litter decomposition	143
Section 1 Global warming and plant litter decomposition	144
Section 2 Elevated atmospheric CO ₂ and plant litter decomposition	147
Section 3 Enhanced UV-B and plant litter decomposition	154
Section 4 Atmospheric nitrogen deposition and plant litter decomposition	157
Section 5 Concomitant effects of multi-factors of global change on plant litter decomposition	158
Section 6 Questions and future challenges	159
References	164
Chapter 9 Plant litter and dynamics of plant community	175
Section 1 Physical effects of plant litter on plant community	175
Section 2 Chemical effects of plant litter on plant community	177
Section 3 Biological effects of plant litter on plant community	177
References	181

第一章 绪 论

生态学的研究领域十分广泛，产生了众多的分支学科。植物凋落物生态学就是生态学领域内对植物凋落物研究的积累和深化而逐渐发展起来的一个分支学科，其研究内容已经很丰富，但作为一门学科明确提出来还是首次。因此在这里需要界定凋落物生态学的学科地位、含义和研究范围。

第一节 植物凋落物生态学的含义

一、生态学基础

1866年，德国动物学家 Haeckel 首次为生态学确定的定义是：生态学是研究生物与其周围环境之间相互关系的科学。著名生态学家 Odum (1971) 在《生态学基础》(*Fundamentals of Ecology*) 一书中认为生态学是研究生态系统结构和功能的科学。环境包括生物环境和非生物环境。生物环境包括植物、动物和微生物，这些生物存在着生物种内和种间的关系。非生物环境即非生命的物质，如光、温度、水、空气、土壤等。本书所要论述的植物凋落物是植物的死亡部分，它们回归到土壤中，处在生物环境与非生物环境的边界上，成为沟通植物与土壤环境的桥梁。

生态系统 (ecosystem) 一词是英国植物生态学家 Tansley (1871~1955 年) 于 1935 年首先提出的。他在《植被概念与术语的使用和滥用》一文中指出：“我们不能把生物与其特定的自然环境分开，生物与环境形成一个自然系统。正是这种系统构成了地球表面上具有不同大小和类型的基本单位，这就是生态系统。”与此同时，苏联植物生态学家 Sukachev (1945) 提出了生物地理群落 (biogeocoenosis) 的概念。这个概念是指在地球表面的一个地段内，动物、植物、微生物与其地理环境组成的功能单位。1965 年在丹麦哥本哈根召开的国际学术会议上认定生物地理群落和生态系统是同义词。现在人们普遍认可的生态系统的定义是：在一定时间和空间范围内，由生物群落与其环境组成的一个整体，该整体具有一定的大小和结构，各成员借助能量流动、物质循环和信息传递而相互联系、相互影响、相互依存，并形成具有自组织和自调节功能的复合体 (蔡晓明和尚玉昌, 1995)。

生态系统是生态学研究的最基本层次，能量流动、物质循环和信息传递是生

态系统的三大功能。植物凋落物则是陆地生态系统内部的物质循环，是生物地球化学循环的关键环节，尤其在森林生态系统中植物凋落物是养分循环的关键环节 (Meentemeyer, 1978; Vitousek, 1982; Van Vuuren et al., 1993; Vitousek et al., 1994)。

二、植物凋落物生态学的含义

(一) 植物凋落物的概念

落到地表的新鲜落叶、小枝、茎、花、果以及树皮统称为凋落物 (阿姆森, 1984)。王凤友 (1989) 曾对森林凋落物的概念作过论述, 他认为森林凋落物是指在森林生态系统中, 由生物组分产生的并归还到林地表面、作为分解者的物质和能量的来源、借以维持生态系统功能的所有有机物质的总称。具体包括林内乔木和灌木的枯叶、枯枝、落皮和繁殖器官; 野生动物的残骸及代谢产物; 林下枯死的草本植物和枯死的树根。按照这个概念, 在天然老林人为干扰较少的森林生态系统中, 枯立木和倒木, 以及人为干扰较多的森林生态系统中的伐桩等应属于森林凋落物的范畴, 这些有机物质通过腐烂分解, 将有机物质和养分元素释出, 进入生态系统的物质循环, 发挥着不可低估的作用 (Harmon et al., 1986; Harmon, 1987; 郝占庆和吕航, 1989; 李凌浩和邢雪荣, 1996)。但我们见到的有关森林凋落物研究的报道通常并不包括这些成分。林波等 (2004) 认为对森林凋落物概念的内涵应有一个明确的界定。一般认为, 森林生态系统中直径大于 2.5 cm 的落枝、枯立木、倒木统称为粗死木质残体 (coarse woody debris, CWD) (郝占庆和吕航, 1989); 而将直径小于 2.5 cm 的落枝、落叶、落皮、繁殖器官, 动物残骸及代谢产物, 林下枯死的草本植物和枯死的树根归为森林凋落物, 但由于林下枯草和枯根研究困难而常被忽略 (廖军和王新根, 2000)。

本书作者认为植物凋落物是指植被生态系统中生产者——植物的部分器官、组织因死亡而凋落并归还到土壤中, 作为分解者和某些消费者的物质和能量来源的有机物质的总称, 包括落枝、落叶、落皮、凋落的繁殖器官及枯死的根等。植物凋落物对维持植被生态系统的物质循环、能量流动, 甚至信息传递功能都具有重要的作用。本定义将仅限于森林生态系统的凋落物扩展到一般的植被生态系统, 如草地生态系统、灌丛生态系统等。落枝不论大小都被划入植物凋落物, 落枝大小的划分仅有技术层面研究的意义。同时认为, 整个个体死亡的木本植物不属于凋落物, 而草本植物死亡个体可认为是凋落物。因此, 植物凋落物不包括枯立木、倒木, 尽管粗枝与枯立木、倒木在研究方法上相同或相近。虽然目前的研究更多地集中在叶凋落物上, 但未来的研究必将会详尽研究枝凋落物、根凋落物等。为行文简便, 本书将植物凋落物常简称为凋落物。

(二) 植物凋落物的生态功能

植物凋落物在陆地生态系统的物质循环、能量流动和信息传递这三大功能中都发挥了作用。在陆地生态系统中,植物是第一性生产者,凋落物是植物生物量的组成部分,在研究植物总生物量中,必须将凋落物的生物量考虑进去。凋落物通过淋溶和分解,将各种元素释放出来,归还土壤,又成为植物根部养分的来源之一。同时凋落物作为食物链的一个环节,为土壤微生物、土壤动物和凋居动物提供物质和能量,并为它们提供栖息地,与土壤生物亚系统相联系。凋落物分解的最终产物——腐殖质还是土壤腐殖层的主要成分,影响土壤的理化性质,在土壤的发育中发挥作用,与土壤亚系统相联系。植物凋落物的分解是全球碳平衡的一个关键环节(Couteaux et al., 1995; Aerts, 1997; Robinson, 2002)。Raich 和 Schlesinger (1992) 估计凋落物(包括根凋落物)分解大约贡献了 70% 的年总碳通量,年总碳通量估计为 $68 \text{ Pg} \cdot \text{a}^{-1}$ ($1 \text{ Pg} = 10^{15} \text{ g}$),因此凋落物分解又与大气系统相联系。凋落物在生物地球化学循环中具有重要的意义。凋落物的积累与分解一直被认为是控制植被结构和生态系统功能的一个复杂而重要的因素(林波等, 2004)。

1. 凋落物在生态系统物质循环中的作用

凋落物是植物生物量的组成部分。在凋落物分解过程中,养分被分解者(包括土壤动物和微生物)转移到活有机体中,活有机体死亡后,所有养分最终通过淋溶和分解,都归还到土壤无机养分库中,可以被植物根系吸收利用,实现生态系统内部化学元素的交换,即生物地球化学循环,Chapin 等(2002)的研究表明,大多数生态系统中植物所吸收的养分,90%以上的氮和磷、60%以上的矿质元素都来自于植被归还给土壤的养分再循环。凋落物分解速率决定着生态系统中养分循环的快慢,在一定程度上决定着土壤养分有效性的高低(Berg and McClaugherty, 2003)。部分凋落物被风和溪流等因素移出生态系统,参与了不同生态系统之间化学元素的交换,即地球化学循环。

凋落物中的主要成分是纤维素,这些纤维素的降解是自然界中维持碳素平衡不可缺少的过程。凋落物分解所释放的 CO_2 是碳素收支的重要组分(Chapin et al., 2002; Berg and McClaugherty, 2003),对陆地生态系统碳循环产生影响。

2. 凋落物在生态系统能量流动中的作用

凋落物分解除了是养分循环的重要环节,也是能量转换的重要环节。凋落物为土壤动物和土壤微生物提供食物来源,将其中的能量提供给土壤动物和土壤微生物。而土壤动物和土壤微生物的活动又对凋落物分解起促进作用。

Wallwork (1970) 注意到生长在美国明尼苏达州砂质高地上的北方针栎、白桦、纸皮桦和红花槭中, 80%~90%的能量蕴藏在凋落物中, 对土壤生物群落有效的部分被微生物摄取。栎林、湿地、沼泽三种森林环境内年凋落物降落量相当于地上植物体的 3.7%、4.5%、3.1%, 栎林、湿地、沼泽的净初级生产量相应为 52.4%、62.5%、48.8% (Reiners, 1972)。Rodin 和 Brazilevich (1967) 对森林的广泛变化收集了类似的数据, 指出一般年凋落物降落量大于净生产总量的 50%。Ovington (1962) 介绍了欧洲赤松林 50 年的生长期中, 较大部分时间, 通过太阳能转化的初级生产的残余组成成分要比分解作用消耗的残余组成成分数量少。分解导致的损失部分, 表示能量借助于物质循环而被保留在森林-土壤生态系统中 (阿姆森, 1984)。

凋落物在分解过程中能量的流向有如下几种主要的结果:

凋落物被土壤动物利用, 凋落物中的能量转移到土壤动物体内, 成为土壤动物生长发育和运动的能量;

凋落物被微生物利用, 凋落物作为微生物的能源基质, 供给微生物生长繁殖所需的能量;

凋落物中的能量以热的形态消耗, 还有与生物分解过程有关的代谢作用的消耗。

能量转换的终产物——例如, 二氧化碳、氨和硝酸离子和其他无机化合物, 以及一些与腐殖质有关的相对稳定的有机化合物。这些产物的一部分能从土壤系统中完全转移出去, 如二氧化碳能够逸散到大气中, 硝酸根离子可被淋洗进入地下水。凋落物分解的残留物质或多或少处于稳定的状态, 例如, 腐殖质类化合物淀积在土壤下层, 也有某些物质还可进入土壤养分库被植物再循环利用。

3. 凋落物在生态系统信息传递中的作用

由于对生态系统中信息传递的研究还很不充分, 人们对凋落物在生态系统信息传递中的作用也了解不多。但有关凋落物的化感作用, 其实是化学信息的传递, 这方面的研究还是有报道的 (Rice, 1979; Facelli and Pickett, 1991; Górski et al., 1997; Myster, 1997)。

在陆地生态系统中, 凋落物所携带的次生化学物质的释放可以对栖居于土壤和凋落物的动物、微生物产生影响, 也对植物的种子萌发和幼苗生长产生影响。凋落物释放的化感物质抑制、排挤和毒杀其他生物, 为自身营造更广阔的生存和发展空间, 同时保护自身种群不受其他生物的伤害。有自毒作用的凋落物则使自身种群受到抑制和调节。

对陆地生态系统中凋落物传递化学信息、物理信息、生物学信息的更多认识还有待于未来深入系统的研究。