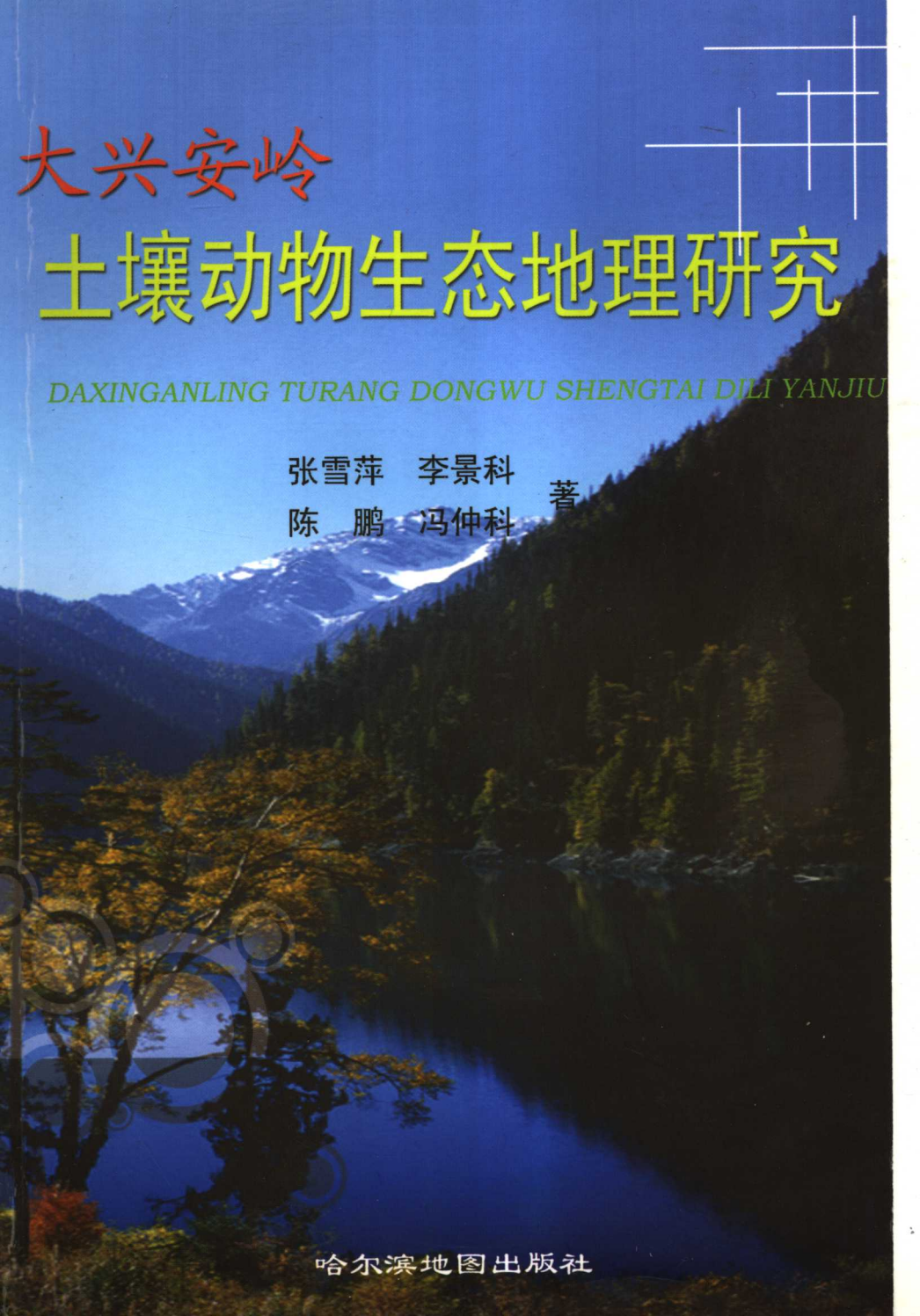




大兴安岭

土壤动物生态地理研究

DAXINGANLING TURANG DONGWU SHENGTAI DILI YANJIU

张雪萍 李景科 著
陈 鹏 冯仲科

哈尔滨地图出版社

国家自然科学基金资助项目

大兴安岭土壤动物生态地理研究

DAXINGANLING TURANG DONGWU SHENGTAI DILI YANJIU

张雪萍 李景科
陈 鹏 冯仲科 著

哈尔滨地图出版社

· 哈尔滨 ·

图书在版编目(CIP)数据

大兴安岭土壤动物生态地理研究 / 张雪萍等著. —哈尔滨: 哈尔滨地图出版社, 2006. 12

ISBN 7-80717-508-7

I. 大… II. 张… III. 大兴安岭 - 土壤生物学:
动物学 - 生态分布 - 研究 IV. Q958.113

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 162032 号

哈尔滨地图出版社出版发行

(地址: 哈尔滨市南岗区测绘路 2 号 邮政编码: 150086)

哈尔滨市动力区哈平印刷厂印刷

开本: 850 mm × 1 168 mm 1/32 印张: 5.875 字数: 169 千字

2007 年 1 月第 1 版 2006 年 12 月第 1 次印刷

印数: 1 ~ 1 000 定价: 18.80 元

序

土壤动物是生态系统中重要的物质分解者,在生态系统中起着及其重要的作用。大兴安岭北部地处寒温带,对该区土壤动物研究还极为薄弱,许多方面尚属空白。揭示作为重要分解者集团的土壤动物的区系组成及其生态地理规律,探讨作为稳定的环境指示因子的土壤动物与环境的内在关系,形成完整的土壤动物区系名录对土壤动物学及生态学的发展均具有重要意义。大兴安岭是我国最北部的具有重要地理意义的典型地区,斜贯温带与寒温带,是东西两侧森林与草原的地理界限。该区气温低、土壤呈酸性或弱酸性,微生物活动较弱,物质分解速度慢,地表有机物积累较多,构成了火灾、虫灾隐患,不利于森林生态系统的物质循环和生物生产力的提高。以土壤动物为对象探讨和寻求有效的方法,促进寒温带地区的物质循环,将会为森林生态系统的科学、有效经营管理,提供基础数据和理论依据。

土壤动物学作为生命科学的一个重要分支学科,目前受到广泛的关注。土壤动物学研究包括生态学、资源学、分类学、生物学以及地理学研究,其中,生物学和分类学研究是基础,区系地理和生态学研究是中心环节,而资源学研究是归宿。近 20 多年,在国家自然科学基金的大力支持下,土壤动物学得到了迅速的发展。但作为一个年轻的学科,土壤动物学仍有大量的工作要做。

土壤动物对土壤肥力保持和生产力的提高具有很重要的作用,因此,土壤生物区系、土壤生物多样性和全球变化对土壤生物的影响已成为土壤生态学研究的前沿领域。目前,土壤动物生态学和土壤动物资源学研究日趋深入。研究内容也很广泛,如:对土壤动物类群的研究;土壤动物的物种多样性研究;土壤动物与环境因子间关系的研究;土壤动物群落指示作用研究;土壤动物在生态系统物质循环和能量流动中的作用;资源土壤动物的研究等。就学科目前的发展趋势看,全球变化响应研究;我国特色区域和生态系统土壤动物的研

究;土地覆盖/土地利用对土壤动物的影响研究;土壤动物在土壤生态系统和陆地生态系统物质循环和能量流动中的作用研究等都将成为土壤动物学研究的热点领域。

我国土壤动物的研究仅有 20 余年的历史,且我国地域广阔、类型复杂,目前,尚有许多区域的土壤动物区系未被揭示;土壤动物功能研究(能量流动与物质循环研究)是土壤动物生态学研究中的难点之一,目前仍有许多问题需要研究和探讨。土壤动物对全球变化的响应研究、资源土壤动物的开发利用研究等诸多领域尚有许多工作要做、有许多规律要揭示。我们期盼着土壤动物学的进步,也坚信土壤动物生态学的发展定能为生态系统生态学的发展奠定坚实的基础,并为其发展起积极的促进作用。

目 录

1 引言	1
1.1 研究意义	1
1.2 国内外研究现状	3
1.3 主要研究内容与工作流程	7
2 研究区概况与工作方法	10
2.1 研究区概况	10
2.2 土壤动物研究工作方法	12
3 土壤动物结构与功能研究的理论基础	18
3.1 地域分异理论	18
3.2 生物分布区与区系理论	19
3.3 生物群落结构理论	19
3.4 生态系统能量流动与物质循环理论	20
4 土壤动物区系组成与结构研究	22
4.1 大兴安岭森林生态系统土壤动物区系	22
4.2 大兴安岭东、西坡森林生态系统土壤动物生态地理研究	26
4.3 大兴安岭北部寒温带森林土壤动物结构研究	51
4.4 大兴安岭不同冻土带土壤动物结构研究	83
4.5 大兴安岭火烧迹地土壤动物结构研究	115
5 土壤动物功能研究	134
5.1 不同处理条件下大兴安岭森林生态系统土壤动物的分解作用	134
5.2 马陆在生态系统中的功能作用	156
5.3 蚯蚓在生态系统中的功能作用	162
参考文献	172

1 引 言

1.1 研究意义

土壤动物是指其生活中有一段时间在土壤中渡过,而且对土壤有一定影响的动物。大多数土壤动物身体微小,通常不引人注意,然而它们的数量惊人、生物量巨大,是陆地生态系统的组成部分之一,是生态系统中重要的消费者和物质分解者,其功能的充分发挥是生态系统物质良性循环的有力保证。大兴安岭是我国最北部的具有重要地理意义的典型地区,呈东北西南向分布,斜贯温带与寒温带,它又是东西两侧森林与草原的地理界限,对大兴安岭森林生态系统土壤动物的研究具有重要的生态及地理意义。

第一,国内土壤动物研究已愈 20 年,积累了许多资料,但寒温带地区的土壤动物研究还极为薄弱,许多方面尚属空白。揭示作为重要分解者集团的土壤动物的区系组成及其生态地理规律,探讨作为稳定的环境指示因子的土壤动物与环境的内在关系,及其在具有重要地理意义的典型地形区内的分布特征,特别是形成完整的土壤动物区系名录是本研究的重要任务之一。

第二,土壤动物是生态系统的重要组成部分,在生态系统的能量流动与物质循环过程中起着重要作用。对土壤动物的深入研究,既是土壤动物学自身发展的需要,也是生态学发展的客观要求。今天,宏观生态学和微观生态学都取得了长足的进步,生态学的发展,越来越关注生态系统的生物地球化学循环及生态系统的能量流动问题(韩兴国,1992)。然而,在这两个关键性的功能研究中,对作为分解者集团重要组成部分的土壤动物的研究却明显落后于生态学的总体发展进程,在生态系统物质循环中土壤动物的贡献及其与另一分解集团微生物的关系尚不很明晰(程维信,2005);在能流研究的最后一个环节,尚没有完整的能量转移与耗散的量化关系被阐明,这些构

成了对生态系统进行生态研究的瓶颈(Ron Pulliam, 2005)。

第三,土壤动物作为生态系统重要的物质分解者,其功能的充分发挥是生态系统物质良性循环的有力保证。土壤动物生物量的多寡、活动能力的强弱与环境条件关系密切,因此调整特殊生态环境的生态条件,有目的促进土壤动物的活动,提高其生态效率,是有效发挥土壤动物作用的前提。

大兴安岭地区地处寒温带,气温低、土壤呈酸性或弱酸性,微生物活动较弱,物质分解速度慢,地表有机物积累较多,构成了火灾、虫灾隐患,不利于物质循环和生物生产力的提高,故有必要寻求有效的方法,促进寒区的物质循环,解决这一问题对国泰民安具有重要意义。

不同处理条件下的物质分解实验,以改变土壤 pH 值及微生物活性为实验设计的出发点,探讨人工管理和控制的生态系统提高生物生产力的方法与途径。一方面,喷洒石灰,不仅可以改变土壤微酸性条件,而且在适宜的范围内,也可以增加植物生长所必须的碱离子,使土壤 pH 值接近理想的适宜值,增加土壤动物活动,来加速凋落物分解速度。类似的实验在国外已有报道(Tryggv Persson, 1988),另一方面,本研究通过喷洒 EM 制剂增加土壤微生物活性来提高针叶林凋落物分解速度,促进物质循环。EM 是“有效微生物群”(Effective microorganisms)的英文缩写(王伟, 1996)。本次实验旨在揭示大兴安岭森林生态系统在石灰与 EM 处理条件下土壤动物区系组成、数量及其分解能力所发生的变化,为森林生态系统的科学管理提供基础数据与理论依据。

第四,能量生态学研究是生态学研究中的难点之一,国内外对于土壤动物在生态系统能量转移问题研究成果不多,是生态学研究中的薄弱环节。本研究以大型土壤动物蚯蚓和马陆为研究对象探讨了腐食性动物的分解效率,及在生态系统能量传输中的贡献,该研究必将为深化生态系统能量生态学研究与土壤动物学自身的发展作出贡献。

1.2 国内外研究现状分析

1.2.1 研究历史

土壤动物学从产生到现在已经有 180 多年的历史,人类很早就对土壤动物有了认识,有文字记载的历史可以追溯到公元 3 000 多年前。在河南安阳出土的 3 000 多年前的殷墟甲骨文,共记述有 9 种昆虫;最早记载土壤动物的书籍是在公元前 1 200 年前后成书的《尔雅》,该书中记载有昆虫多种,其中涉及土壤昆虫的有蝼蛄、衣鱼、蝉、蚁和蛴螬等。这比 Aristotels(亚里士多德,公元前 320 年)的 5 本动物学笔记中首先记载的希腊土壤动物要早近千年。

虽然人类对土壤动物认识很早,但一直停留在简单的描述和记载的水平上,真正对土壤动物的作用开始研究的是 19 世纪进化论的创始人——达尔文,他于 1838 年发表的《论壤土的形成》一文,被认为是土壤动物科学研究的开始。达尔文于 1881 年发表了《蚯蚓对壤土形成的作用》,这两篇文章的发表引发了诸多学者对蚯蚓的极大关注,同时还注意到热带的白蚁及土壤原生动物。20 世纪初意大利人 Berlese(1905)发明了红烛漏斗,Tullgren(1917)改良该漏斗,大幅度提高了土壤动物的采集效果,扩大了土壤动物的概念。Diem(1903)和 Gameron(1917)等人的研究也大大推动了土壤动物的综合研究。日本学者青木淳一的《土壤动物学》(1973)及《日本产土壤动物检索图说》对我国土壤动物的研究起了很重要的推动作用。

土壤动物学学科的建立仅仅 50 年左右,它是一门非常年轻的学科。20 世纪 50 年代,出现了总结性或地区性的土壤动物著作。当时美国的、英国的和前苏联的学者都作出了突出贡献,发表了许多专著,在土壤学家和动物学家的研究及共同努力下,第一部系统性的土壤动物著作“土壤生物学”(1950 年)问世,并在同年国际土壤学会上开设土壤动物组。1955 年土壤动物学系统讲座在英国开设,标志着土壤动物学学科的建立,并随即出版了欧洲第一次土壤动物学术会

议论文集。1956 年国际土壤学会于巴黎成立了土壤动物学委员会,并决定每四年举行一次学术会议,委员会的成立使土壤动物的研究得到迅速发展。50 年代到 60 年代,先后进行了土壤动物研究方法、土壤动物与土壤微生物的相互关系、土壤生物群落动态等的研究,使土壤动物的采集方法得到改良,同时存在取样与统计学问题。土壤动物与微生物相互关系和在土壤生物群落中的作用的研究,多集中在森林土壤和欧洲、北美,而在农业土壤和热带地区缺乏研究。土壤动物群落研究的前提是方法问题和分类学工作,但分类工作严重滞后。

70 年代到 80 年代,土壤有机体与初级生产、生物与非生物因素对土壤有机群落的影响、生态系统土壤有机体等项目研究得到加强。分类学家对主要种类的鉴定和生态学的进展,使土壤动物学从只注意作物地下虫害的研究转向生物群落系统研究,并开展与其它土壤因素,特别是与土壤微生物关系的研究。现代化农业的迅速发展及集约农业所引起的问题受到重视。土壤薄片、电镜扫描和电子探针分析,是土壤微形态方法上的进步。皆伐、施肥、除草剂、重金属污染等对土壤动物种群的影响、生物量估算方法、控制和利用土壤动物、引入有益种类等研究得到加强。白蚁、蚯蚓等个体对农林系统枯落叶分解、土壤性状、分布、结构等肥力影响研究更加完善。土壤有机体及其环境的仿真模式反映了土壤动物学研究的新进展。

1.2.2 国外土壤动物及其功能问题研究现状

从 19 世纪达尔文对蚯蚓生物学的研究开始,到 1958 年至今的 11 次国际土壤动物学学术讨论会所涉及的研究内容,到散见于科技书刊上的报道等都或多或少在不同层次、不同侧面对土壤动物在功能方面的作用作过阐述。

20 世纪 70 年代主要对土壤动物有机体的功能进行初步探讨;80 年代由研究土壤动物的生理、生态学内容发展到土壤动物对矿物质循环作用的研究;80 年代末,土壤动物对物质循环影响的研究进一步深化;90 年代,在相关学科迅速发展及积累了大量土壤动物研

究资料的基础上,转向各土壤动物类群在生态系统物质循环及能量流动方面的研究;90年代中期,随着生态学研究方法的现代化,对一些主要元素如N,P,K,C等在生态系统中的迁移与转化展开了研究。土壤动物的功能研究,从研究对象的特点看,主要有以下几种情况:

第一,人们首先,也是自始至终地关注个体大、活动能力强的土壤动物类群,如蚯蚓、白蚁等(青木淳一,1973),对这类土壤动物的研究较为系统、全面。这对带动整个土壤动物学的发展起了重要作用,到目前为止,相关研究仍层出不穷,从分类、生理、生态到应用、推广乃至产业化研究等,始终处于本领域的先导地位。

第二,关注中型土壤动物的研究,如线蚓、昆虫及其幼虫等,这类动物个体数量较多、生物量较大,对物质循环起着举足轻重的作用。

第三,小型土壤动物的研究,如弹尾类、螨类、线虫等,虽然它们个体很小,但个体数量占有绝对优势,它们与其它土壤动物有着多种多样的联系,是群落中不可忽视的组成部分,对物质分解起着重要的作用。

国外寒温带地区土壤动物研究开展较早,主要集中在北欧寒温带灰化土地区,他们通过改变土壤酸性及肥力状况,改善了寒温带地区生态系统的物质循环状况,并取得一些成果。

1.2.3 国内土壤动物及其功能问题研究现状

20多年来,我国的土壤动物学及土壤动物生态学、土壤动物资源学也得到广泛开展,主要涉及和完成了以下几个方面的工作:

(1)土壤动物的分类研究(尹文英,1992。陈鹏,文在根,1988。忻介六,1986。廖崇惠,1989。张贞华,1982。杨发柱,1990。李景科,1990等)。

(2)土壤动物的分布、多样性及与环境因子的关系的研究(张荣祖,1980。王宗英 1996。傅必谦,1997。何冬梅,1989。刘永江,刘新民,1999等)。

(3) 人类活动与土壤动物的关系研究(王振忠, 张友梅, 1996。李忠武, 1997 等)。

(4) 土壤动物在生态系统物质循环和能量流动中的作用。(殷秀琴, 1998。张雪萍, 1996 等)。

(5) 土壤动物的开发与应用研究(张崇洲, 1987 等)。

国内在土壤动物及其功能研究方面的特点是起步晚、发展快。我国土壤动物系统研究始于 1979 年, 张荣祖、陈鹏等人, 对长白山土壤动物区系进行了多方面的研究, 最早的这方面研究成果见于 1984 年, 该研究分析了环境化学元素含量和生物富集量, 探讨了土壤动物对绿色植物必需的常量元素及微量元素的转换量。之后 1984 ~ 1988 年廖崇惠等在广东开展了鼎湖山地区的土壤动物研究。研究中探讨了枯枝落叶年消耗量与土壤动物数量的关系, 以及白蚁消耗量占总凋落物量的比例。在对陆栖等足类的研究中, 揭示了不同温度条件下的摄食量, 认为潮湿林下是陆栖等足类的适宜分解的环境。1987 年尹文英等对天目山等地区土壤动物进行了系统研究。编辑出版了我国第一部土壤动物学大型专著《中国亚热带土壤动物》以及《中国土壤动物》和《中国土壤动物检索图鉴》等著作。王振忠在物质循环方面侧重于污染生态系统的研究, 结果表明, 农药污染对蚯蚓的呼吸代谢强度有明显的抑制作用; 重度污染甚至引起蚯蚓的病变; 污染使土壤动物减少, 分解能力减弱; 蚯蚓、蜘蛛等对重金属元素有很强的富集能力等。1986 ~ 1988 年王宗英等对皖南山地进行了大量研究。探讨了土壤动物结构的复杂性与分解能力的关系。1993 ~ 2000 年殷秀琴、张雪萍等探讨了大型土壤动物与凋落物中矿质元素微量元素之间的关系; 用不同网孔分解袋的分解实验, 探讨了大、中、小型土壤动物在物质分解中所起的作用; 饲养马陆, 测定其摄食量、呼吸量等, 求出其在物质分解与能量流动中所起的作用并计算其年分解量等。在短短 20 余年中取得了许多可喜的成果, 有些成果已接近或达到国际同类研究的先进水平。

但在土壤动物的功能作用的研究方面, 我国与国际同类研究之间还有许多差距, 特别是元素在土壤动物及土壤生态系统中循环途

径的研究几近空白,土壤动物对主要营养元素分解速度的影响也未见报道。土壤动物在生态系统能量流动中的作用研究还较薄弱。因此有必要在这方面加强工作,并逐渐使研究成果应用到资源开发、环境管理等领域中,使其形成新的生长点,获得新的动力,促进和带动整个学科的进步,为寒温带地区森林生态系统的管理与建设作出贡献。

土壤动物研究发展趋势。进入 20 世纪 90 年代,生物技术和高新技术迅猛发展推动了土壤动物学研究。地下微生态系统、土壤动物的解剖学、分类学、生理生化、个体生态学和群体生态学等相关学科研究日臻完善。目前,全球各类生态系统正在发生深刻变革,严重的大气污染和土壤侵蚀已开始引起土地肥力的下降。加剧了动物多样性的丧失和粮食生产潜力的降低。由于土壤动物在生态系统中独特的作用,所以应用现代生物技术和高新技术,对各类生态系统中土壤动物的研究,对于今后监测全球变化、维护农林业的可持续发展、有效地持续利用自然资源将起到积极的作用。今后土壤动物的研究工作主要集中在以下几个方面:

(1) 土壤动物几个主要类群在土壤物质循环中的作用及其变动规律的研究。

(2) 土壤动物在改良农业耕作系统和推动生物动力学的实践中,其功能和作用的研究。

(3) 全球变化或人为干扰对土壤动物群落组成和演替等影响的研究。

1.3 主要研究内容与工作流程

1.3.1 主要研究内容

1.3.1.1 大兴安岭森林生态系统土壤动物区系组成研究内容

对大兴安岭森林生态系统土壤动物区系组成研究,我们选择了广泛调查(大兴安岭山脉)与重点研究(大兴安岭寒温带地区)相结

合的方法。

(1)在大兴安岭的东、西两坡的不同纬度上相对均匀的选择了4对对比样地。东坡的样点自低纬到高纬依次为a 索伦、b 扎兰屯、c 阿里河、d 塔河,西坡的样点由低纬到高纬为A 阿尔山、B 塔尔气、C 伊图里河、D 满归。并在各研究地点分别选取4个具有一定共同性与代表性的典型群落,次生林、柳丛、落叶松林和杨树林作为研究对象进行系统的比较研究。

(2)塔河地处寒温带,国内对该区的研究很薄弱,我们选择了7个不同的森林群落为研究对象,并以两个系列的对比研究,系统地探讨了大兴安岭北部寒温带地区土壤动物的生态地理规律及其动态变化。

(3)大兴安岭林区地处东北亚多年冻土带的南缘,是我国国土区域纬度最高、最北部的多年冻土区。在这里多年冻土的形成、分布与发育状况,受到了地理纬度的制约和区域自然条件的影响。我们首次对连续多年冻土带(塔河林场)、岛状融区多年冻土带(松岭林场)和岛状多年冻土带(白桦排乡)进行了系统的不同冻土带的土壤动物生态地理及其动态变化研究。

(4)大兴安岭林区是受火灾威胁较大的地区,火烧对森林生态系统造成很大的影响,对火烧后生态系统恢复的研究已经成为人们十分关注的问题。土壤动物作为森林生态系统中的重要组成部分,能够反映森林环境的状况。本研究以黑龙江省塔河县周围的火烧迹地及其对比样地为研究对象,分析了不同年份迹地土壤动物种类及数量的变化情况,目的在于探讨土壤动物作为生物指标与环境变化之间的内在关系,为更好地管理森林生态系统提供理论依据。

1.3.1.2 土壤动物的功能研究内容

对土壤动物的功能研究,我们一方面探讨了人工控制条件下土壤动物的分解能力与分解状况,另一方面,探讨了土壤动物在能量流动中的贡献。

(1)对比分析同一类型区,不同处理条件下(喷撒不同剂量的石灰和EM),不同网孔分解样袋的土壤动物种类、数量及其物质的分

解能力的变化。

(2) 测定不同控制条件下主要土壤动物类群的摄食量 C、同化量 A、呼吸量 R, 揭示其生态效率及对生态系统物质分解和在生态系统能量流动中的贡献。

1.3.2 工作流程

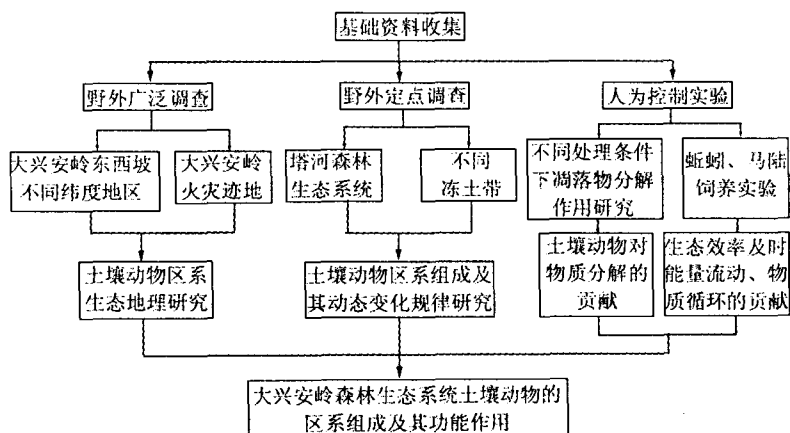


图 1.1-1 大兴安岭土壤动物研究工作流程

Fig. 1.1-1 Research procedure of soil animals in Da Xinganling Mountains.

2 研究区概况与工作方法

2.1 研究区概况

对大兴安岭森林生态系统土壤动物区系组成研究,我们选择了广泛调查(大兴安岭山脉)与重点研究(大兴安岭寒温带地区)相结



图 2.1-1 研究区样地分布图

Fig. 2.1-1 Distribution map of samples in study areas

合的方法,针对不同的研究内容,确立了不同的研究区域。

2.1.1 广泛调查区

广泛调查区是以大兴安岭全区为研究对象,进行系统调查的区域。大兴安岭是北起黑龙江岸,南止西拉木伦河上游,全长 1 200 km,宽 200 ~ 300 km,东北—西南向斜贯于内蒙古高原和松辽平原之间的山脉总称。跨越温带与寒温带两个气候带,生物区系较复杂。大兴安岭东西两侧及南北之间均形成了明显的地域分异,是具有重要地理意义的典型区域。

2.1.2 重点研究区

重点研究区,是以大兴安岭寒温带地区为研究对象,进行系统动态调查的区域。研究区位于大兴安岭北部的塔河、加格达奇一线,即东经 $121^{\circ}12' \sim 127^{\circ}00'$,北纬 $50^{\circ}10' \sim 53^{\circ}33'$ 之间,东西横跨 6 个经度,南北纵越 3 个纬度。是我国最北部边疆,地处黑龙江省西北部,内蒙古自治区东北部。大兴安岭山脉地势呈西高东低,位于第一阶梯和第二阶梯及其结合部,全区为多年冻土带南部,本区为我国最寒冷地区,属大陆寒温带季风性针叶林气候,冬季异常寒冷。年平均气温漠河县和呼中区北部 -4°C ,其它地区 -2°C ,年无霜期平均为 92.3 日,最冷月平均气温为 $-25 \sim -31^{\circ}\text{C}$,极端最低温度是 -52.3°C ,最热月平均气温为 $16 \sim 20^{\circ}\text{C}$,极端最高气温为 36.8°C ,年温差和日温差均较大。日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的连续日数长 70 ~ 100 天(起止时间为 5 月上旬到 8 月末), $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的年积温为 1 100 ~ 2 000 $^{\circ}\text{C}$,年有效积温 2 100 $^{\circ}\text{C}$ 。年均降雨量 460 mm,集中在 7 ~ 9 月间。

该区植被属南泰加林向南延伸部分,主要植被成分为达乌尔区系;在森林分区中,属于寒温带针叶林地带,森林植被主体是兴安落叶松(*Larix gmelini*)林。典型的地带性土壤是棕色针叶林土,东坡从棕色针叶林土向暗棕壤及黑土过渡,西坡则从棕色针叶林土经过灰色森林土向黑钙土、栗钙土过渡。由于本区常年气温偏低,土温过低引起的季节冻层和永冻层,促进了沼泽化或草甸化过程的发展;