

林火和气候变化对黑龙江省 温带森林的影响

金 森 胡海清 刘广菊 著

黑龙江科学技术出版社

林火和气候变化对黑龙江省 温带森林的影响

金 森 胡海清 刘广菊 著

江苏工业学院图书馆
藏书章

黑龙江科学技术出版社
中国·哈尔滨

图书在版编目(CIP)数据

林火和气候变化对黑龙江省温带森林的影响/金森,胡海清,
刘广菊著. —哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,2008. 11

ISBN 978-7-5388-5886-0

I. 林… II. ①金…②胡…③刘… III. ①森林火—影响
—温带林—黑龙江省②气候变化—影响—温带林—黑龙江省
IV. S718.54

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 181653 号

责任编辑 曹健滨

封面设计 刘长江

林火和气候变化对黑龙江省温带森林的影响

LINHUO HE QIHOU BIANHUA DUI HEILONGJIANGSHENG WENDAI SENLIN DE YINGXIANG

金 森 胡海清 刘广菊 著

出 版 黑龙江科学技术出版社

(150001 哈尔滨市南岗区建设街 41 号)

电话(0451)53642106 电传 53642143(发行部)

印 刷 哈尔滨海天印刷设计有限公司

发 行 黑龙江科学技术出版社

开 本 787×1092 1/16

印 张 11.125

字 数 270 000

版 次 2008 年 11 月第 1 版·2008 年 11 月第 1 次印刷

印 数 1—1 000

书 号 ISBN 978—7—5388—5886—0/S·722

定 价 30.00 元

前言

影响森林分布、结构和功能的因子可以分成两类:相对稳定的和随机的。稳定因子包括气候、地质、土壤等等,这些因子一般在相当长的时间内保持稳定,对大尺度上森林的分布格局和组成具有决定性的影响。随机因子包括林火、病虫害、火山喷发、采伐等,又被称为扰动因子。这些因子的发生是随机的,但其对森林的影响是深刻的,决定了较小尺度上森林组成和格局。在这些扰动因子中,在没有明显的人类活动前,林火是对森林影响最大的扰动因子,也是重要的生态因子。在林火多发的地区,决定了森林的分布格局和组成。目前全球正在经历日益明显的气候变化,这种变化对森林会产生很大的影响。同时,由于人类活动,一些地区的森林火灾发生日益增加,也对森林产生了影响。黑龙江省温带森林是原生植被红松针阔混交林被大面积破坏后形成的天然次生林。黑龙江省是森林火灾频繁发生和气候变化十分明显的地区,其森林正在经受林火和气候变化的双重影响,这是除采伐以为最有影响力的两个因子,这种影响包括近期的影响和对未来森林的影响,搞清这些影响十分必要。本书揭示了林火和气候变化对黑龙江省温带森林结构、格局和功能的影响。

目 录

第1章 绪 论	(1)
1 林火对森林影响的研究现状	(1)
2 气候变化对森林影响研究现状	(7)
第2章 林火和气候变化对目前黑龙江省温带森林结构和演替的影响	(13)
1 研究地区概况	(13)
2 黑河地区林火分布规律	(17)
3 不同强度火干扰后植物群落的变化	(25)
4 火烧频度对植物群落的影响	(48)
5 火烧季节对火烧后次生林林分结构的影响	(54)
第3章 林火和气候变化对当前森林景观格局的影响	(63)
1 基本图面资料生成	(63)
2 林火干扰后次生林森林景观的空间格局	(65)
3 火干扰后森林斑块在地形因子上的空间分布	(69)
4 火干扰后斑块在郁闭度等级上的分布状况	(85)
第4章 森林生理—生物量—生长量模型	(89)
1 FPBG 模型介绍	(89)
2 FPBG 模型的参数化	(101)
3 FPBG 模型分析与验证	(118)
第5章 林火和气候变化对黑龙江省温带森林未来的影响	(132)
1 林火和气候变化对单个树种的未来影响	(133)
2 林火和气候变化对林分结构的未来影响	(146)
3 林火和气候变化对林分生物量的未来影响	(150)
参考文献	(158)

第1章 绪 论

作为目前对森林影响最大的两个因子,林火和气候变化对森林的影响得到了广泛的关注,已经开展了深入的研究,但林火对森林的影响和气候变化对森林的影响一般是独立研究的。本章介绍林火和气候变化对森林影响的研究现状。

1 林火对森林影响的研究现状

火干扰是森林生态系统最常见的干扰类型,千百万年来,世界绝大多数森林都遭受过林火的干扰(Farina A, 1998; Nakagoshi, 2001)。全世界每年发生森林火灾几十万次,受害面积达几百万公顷,特别是 20 世纪 80 年代以来,全球气候持续变暖,大面积森林火灾有上升的趋势,如 1989 年美国黄石公园的森林火灾过火面积达 50 万 hm^2 , 2001 年发生在澳大利亚悉尼的林火过火面积达 70 万 hm^2 (舒立福和田晓瑞, 1998; 舒立福, 1992), 根据预测未来林火动态有显著增加的趋势(Amiro et al., 2001)。我国天然林面积为 $8.173 \times 10^7 \text{hm}^2$, 占森林总面积的 70%, 除自然保护区、森林公园、未开发的西藏林区、已实施保护的热带雨林和零散分布的原始林外($3.177 \times 10^7 \text{hm}^2$), 其余全为经干扰后形成的次生林, 即干扰条件下次生林的林火管理是中国林业发展中最重要的问题之一(龚固堂和刘淑琼, 2007)。因此, 搞清林火对森林的影响十分必要。林火对森林的影响十分广泛, 包括个体、种群、群落、系统和景观等。本书主要关注的是林火对群落和景观的影响。

1.1 林火对群落的影响

林火对群落的结构和演替都会产生影响。森林演替是指一个地段上一种森林被另一种森林所替代的过程, 是森林内部各组成成分之间运动变化和发展的必然结果(李景文, 1994)。演替按起始条件可分为原生演替(primary succession)和次生演替(secondary succession)。次生演替是指发生在次生裸地上的植物群落演替, 次生裸地是原生植被已被消灭, 但土壤中多少还保存着原来群落或原来群落的植物繁殖体, 如火烧迹地、放牧草场、采伐迹地和撂荒地等。次生演替一般是由采伐、森林火灾等外界因素的作用引起的。演替存在于所有森林中, 在一个地段上, 一种质态的森林被另一种质态的森林代替的

过程是永远不会消失的,森林演替的实质是群落中优势树种发生明显改变,引起整个森林组成的变化过程;而任何一个物种在不同的生境条件下,其适应和竞争能力的发挥有很大的差异,物种特性是在一定生境条件下长期进化适应的结果。因此,生境是森林演替发生的重要外在条件,在生境的缓慢渐变过程中,优势树种的取代过程也是缓慢地进行的;而在干扰因素造成环境条件的突变中,演替的过程则是突然出现的(郑海青,2004)。

植物群落的演替总是从先锋群落经过一系列的中间阶段,达到动态稳定的顶极群落。演替顶极群落指在没有干扰的情况下,植物演替后期形成的相对稳定而持久的群落。然而演替顶极又是不确定的,干扰、立地条件、气候条件不同,形成了不同演替阶段群落的镶嵌排布。偏途演替是演替过程中离开了原来的演替系列,朝另外的途径发展,且又具有一定的稳定性的演替(周道玮,1995;舒立福等,1999;郑焕能等,1997;陈利顶和傅伯杰,2000;邱扬等,1997;Spurr 和 Barnes,1980)。小兴安岭的蒙古栎林,在原来的气候条件下,演替顶极为红松(*Pinus koraiensis*)阔叶林中的蒙古栎红松林,分布于低山山脊,但是由于火灾的反复作用,使红松渐渐被淘汰,最后留下蒙古栎形成比较稳定的火偏途演替顶极群落(邱扬等,1997)。

火干扰影响群落次生演替过程主要有以下四个方面:①树种的组成或种源。森林经过火干扰后,火烧迹地上保存的树种及火烧迹地周围树种是决定演替的重要因素。有无种源、有什么样的种源、种源是否适合在火烧迹地上生长等问题,对次生演替的方向和进程都有影响。②生境条件。火烧后的生境条件是决定演替方向的重要因素。由于火的作用,改变了原来的生存条件,造成火烧迹地所特有的生态环境。所有的植物种类都要受到这个生态环境新的选择,适应这种生态环境的植物种类就能存在,不适应的则要消失。因此,生存条件的变化幅度,决定了火烧迹地上演替后的植物种类结构。③林木的发育期。林木的发育期长短决定了不同树种在次生演替中的竞争能力的大小,如在火烧频繁条件下,兴安落叶松(*Larix gmelini*.)竞争不过白桦(二者都是阳性植物),这是因为兴安落叶松发育时间长,萌发能力较白桦弱;而白桦成熟期短,萌发能力强,因此在经过多次火烧的迹地上,白桦代替了兴安落叶松。但是由于兴安落叶松寿命长,在进展演替中兴安落叶松最终取代了白桦,成为地带性植物。④火烧强度和火频率的影响。火烧强度的不同,对林木破坏程度也不同,并且直接影响到林木的次生演替。火烧强度越大,越接近逆行演替,演替所需的时间也就越长。相反,火烧强度越小,恢复森林群落的次生演替所需的时间越短。另外,火干扰的频率也能改变森林群落的演替过程,并且可表现出不同的演替阶段(邱扬等,1997)。

国外在林火对群落影响方面的研究较早,在 1900 年前后,有关火对森林影响的调查报告就开始出现。随着对火干扰研究的深入,学者们越来越重视火干扰在生态系统发展中的作用,并将火生态学作为生态学的一门分支学科独立出来。Agee 将人们对火生态学的研究主要划分为 3 个阶段(Agee, 1990):①1900~1960 年,认为火对生态系统的作用是负面的,研究较少且分散;②1960~1985 年,对火的生态作用的认识态度发生了转变,研究成果报告大量增加,更好地理解火在自然环境中的作用规律;③1985 年以后,火生态学作为扰动生态学的一部分被进行系统的研究(李俊清,2006;Certini,2005)。随后 Garren 综述了火烧对美国中南部森林的影响,并使用了火烧演替(fire succession),火偏途顶极(Fire Sub-climax)等概念(Garren,1943)。Odum 和 Whittaker 引用许多特征来描述典型的进展演替,如物种多样性增高、复杂度加大和生物量增加等(Pianka,1992)。Savage 等认为美国西南部在强烈火烧后,森林自然恢复的时间非常长(Savage,1991)。Turner 通过对美国黄石国家森林公园 1988 年大火后 3a 多的研究表明,火后植被的演替途径由于火烧迹地的大小、异质性、火烧程度以及与未烧林地距离等因素的不同而有所差异(Turner et al.,1997)。Nakagoshi 对日本森林火后植被恢复演替过程,在火烧迹地上植树造林后产生的生态影响进行了研究。Stufiling 提出“中度干扰论”,认为中度干扰有利于物种多样性的提高。Connell 等提出了中度干扰说(intermediate disturbance hypothesis),即中等程度的干扰水平能维持高多样性。通过火干扰对群落的影响进行系统的研究,得出火干扰状况(火干扰频次,强度以及发生季节)、植被类型、气候条件以及物理环境的不同,火干扰对各种群落的作用具有差异(Gracia et al.,2002)。另外随着科学以及计算机技术的不断发展,开发出用以模拟大时空尺度上森林火后植被演替的模型,这有利于预测森林过火后长期动态变化(Nakagoshi,2001;闫厚,2001;Kercher 和 Axelrod,1984;KurzW et al.,1992;Linder et al.,1997;Lloret et al.,2000)。

国内针对火干扰后森林植被群落结构演替、恢复方面的研究开展较晚。20 世纪 60 年代,人们逐渐认识到自然火干扰在森林群落中的普遍性,以及在促进森林发育、维持生物多样性方面的积极作用(郑焕能,2000)。火干扰与森林群落长期共同演化,已经成为森林群落“正常气候”的一部分,被认为是生态系统的正常行为,是群落发展的驱动力(Chen 和 Fu,2000;Oliver 和 Larson,1990;Glin,1992),如松树和栎类能在世界很多森林中占据优势,主要是由火干扰造成的(郑焕能等,1992)。大量的相关研究是在 1987 年大兴安岭特大森林火灾前后才开始进行的,而且研究内容多集中在大兴安岭地区,以兴安落叶松林为主。周以良认为火烧迹地恢复,首先要考虑作为一个森林生态系统来

经营管理,使其本身形成一个包括乔、灌、草等植物和动物良性循环的合理结构(周以良等,1989)。郑焕能等 1971~1980 年将大兴安岭划分为 3 个火灾轮回期,并通过对林火轮回期、树种对火的适应性等的分析,探讨了森林演替规律和森林恢复途径(郑焕能等,1986)。舒立福等根据历史火烧迹地的调查分析,认为大兴安岭林区具有稳定的森林演替规律,通过白桦、山杨(*Populus davidiana*)次生林最终都能演替成以兴安落叶松为建群种的顶级群落,恢复更新到火烧前的水平。邓湘雯等认为,森林火灾是危害森林的一个重要自然因子,但中等强度的林火干扰又是森林生态系统的一个建设因子,火干扰与森林演替动态的关系密切相关(邓湘雯等,2004;杨树春等,1998)。李秀珍、王绪高等针对大兴安岭林区不同火烧强度、频率及大小而形成的不同火烧迹地进行了研究,结果表明火干扰对火后植被演替有重要的影响(李秀珍等,2004)。不同火烧强度的迹地上残存的活植被繁殖体的多度及其空间分布等方面有很大的不同,且直接影响火后植被的初始演替格局及动态。王绪高、李秀珍采用由植被空间序列推断时间系列的方法,分析了大兴安岭呼中林区近 20a 来不同火烧强度、不同火烧时间火烧迹地植被变化情况(王绪高等,2004)。结果表明轻度火烧区的植被自然更新恢复良好,中度火烧区的森林植被依靠人工促进更新要比自然更新更早达到预期目标,重度火烧区的森林植被如果完全依靠自然更新,恢复到预期目标会非常缓慢,而通过人工更新则可跨越几个演替阶段,较快接近本地的顶极群落(周以良等,1989)。

由于火烧的强度不同导致了残余体的数量、质量和演替过程的差异。在大兴安岭北坡兴安落叶松林内,轻度火烧后中小径木和幼树大半存活,针叶林下一些阳性草本出现并增多,而阴性草本则相应有所减少;同时由于火烧使地被层覆盖率降低,增加了针叶树种种子与土壤接触的机会,有利于针叶林的更新,经过一段时间后植被基本都能恢复到从前。中度火烧后林冠层大部分被破坏,草本灌木层基本上被烧尽,由于林地内阳光充足,残存在土壤中的种子萌发,同时没有被烧死的树木(杨、桦等)及灌木的根茎开始萌生新的枝条;另外一些先锋物种的种子通过风等传播途径大量侵入,杨桦因其增生能力快于针叶树种,将在很长一段时间内占据很大优势,随后演替形成针阔混交林;由于针叶林寿命长于杨桦林,最终针叶林将在林分内占据主导地位。重度火烧后,乔木、灌木和草本基本死亡,首先侵入迹地的是一些旱生、固氮的草本植物,随着火烧迹地内植物盖度的提高,喜阴地被物开始增多;兴安落叶松等针叶树种不如杨桦的种子容易传播,重烧迹地植被演替将在很长一段时间内形成以杨桦为主的阔叶林,最终形成针叶林,演替到本地的顶极群落(邓湘雯等,2004;Daskalakou 和 ThanosC,1996;RommeW 和 Despain,1990);然而,由于

重度火烧后,在迹地上的植物存活体很少,而且种子贫乏,这大大增加了演替的不确定性,如果火烧后又遭受一些自然灾害,或有些火灾区采取不当的干预措施,将导致逆行演替,有的甚至会形成裸地或沼泽(李秀珍等,2004;周以良,1991)。

1.2 林火对景观格局的影响

将不同森林类型作为植被景观类型考虑,景观空间格局是生态系统或系统属性空间变异程度的具体表现,它包括空间异质性、空间相关性和空间规律性等内容。空间格局决定着资源地理环境的分布形成和组分,制约着各种生态过程,与干扰能力、恢复能力、系统稳定性和生物多样性有着密切的关系(陈利顶和傅伯杰,1996)。空间异质性通常包括空间组成与空间构型两个方面,前者是指景观组分类型种类、数量和面积比例;后者是指生态系统的空间分布、斑块形状、大小和景观对比度、景观连接度。空间相关性是指斑块异质性与参数的空间相互作用,以及空间关联程度。森林景观空间格局,是森林景观结构的重要特征之一,它与森林景观的形成、干扰过程以及环境的异质性均有密切关系(肖笃宁和钟林生,1998;李哈斌等,1988)。景观尺度上以森林为对象的研究已成为景观生态学发展的重要组成部分和研究方向(俞孔间,1987)。其目的在于通过对森林景观结构、功能、动态变化以及它们之间的相互影响和控制机制的研究,揭示基本规律,掌握调控手段,以科学规划与设计为手段,对景观实施生态保护、恢复、建设及科学管理(郭晋平,2001)。

干扰是产生空间和时间维度上景观异质性的一个主要原因,在产生新的格局同时又受制于原景观格局。干扰可出现在所有生物系统层次上,从个体到景观。干扰对于塑造和维护陆地生态系统起着重要的作用,森林景观的形成是在气候、地形、植被、土壤以及干扰等多种因素综合作用下的产物(徐化成和邱扬,1997)。作为活跃的干扰因子,林火在影响和维持景观格局及生物发展和演变、多样性保护等方面有着极其重要的作用。

早在 20 世纪 70 年代,一些国外的学者对森林火灾所造成的各种森林空间格局变化进行了探讨(Akubauskas,1996)。1996 年 Jakubauskas 等利用 GIS 技术,对密西根松林火灾所造成的森林景观中的植被变化进行评估,编制了植被变化图(邓湘雯等,2004;舒立辅等,1996;杨树春等,1998)。从 1974 年至 1979 年,XypAeB 利用不同年代、季节和比例的航空影像探讨了统计火烧迹地面积的方法。1983 年他又用卫星资料与专题资料配合,绘制了火后林相变化图。Grogan et al. (2000)在加利福尼亚研究了火对重阳松林氮循环的影响,认为火后树木燃烧的灰烬被风或火重新分配,导致植被在土壤中吸收氮的异质性,这也是导致易着火的生态系统形成不同斑块的重要机制。He & Mlad-

enoff(1999)的模型表明,种群、干扰和环境存在一种反馈机制。Gill(1975)在火与澳大利亚植被一文中认为植被随着火的强度、空间及时间分布的变化而形成不同的反应,这对植被分布及以后的植被演替都有明显的影响。火是北方针叶林生态系统的主要干扰因子(Johnson, 1992; Goldammer, 1996),火干扰可对植被群落产生多方面的影响,如引起物种组成的改变、启动演替、导致群落结构空间分布变化(Qiu, 1998; Luo et al., 1997; Raymond, 1982),火干扰对群落结构空间分布影响的严重程度取决于火烧强度、火烧频率、植被类型、地形地貌(Schimmel 和 Granstrom, 1997; Kafka V et al., 2001),频繁的火烧会阻碍植物群落向森林演替,始终停留于灌木草本演替阶段(Ogden et al., 1998),同样高强度的火烧对不同植被类型影响有很大差异(Shvidenko, 2000)。火烧迹地上的物种组成和结构因火烧强度、频率和面积大小而差异明显,并对火后演替具有重要影响(Turner et al., 2003; Naveh et al., 1994)。“3S”技术的普遍应用,促进和提高了火烧迹地景观格局研究的水平和效率,从而提高了研究对象发展趋势的可预见性和研究结果的可外推性(Craig et al., 1983; Wright 和 Bailey, 1982)。

宛志沪、徐化成等将景观生态学方法应用到森林景观中(宛志沪和刘先银, 1994; 徐化成等, 1994)。高世忠等对攀西云南松林区火烧迹地的更新恢复和生态变化进行了遥感调查,探讨了火灾后生态变化趋势和动态特征(高世忠等, 1996)。以郭晋平等人为代表的课题组开展的国家自然科学基金课题《森林景观动态及其群落生态效应的研究》首次对森林景观生态进行了比较全面、系统和深入的研究,其研究成果《森林景观生态研究》也是我国森林景观生态研究领域的第一部专著,受到专家的一致好评(李秀珍等, 2004)。马克明、刘灿然等对北京地区的森林景观格局、生物多样性以及植被景观斑块特征等作了一些颇有意义的探索(马克明和祖元刚, 2000)。孔繁花、李秀珍从景观尺度上,探讨和分析了 1987 年大兴安岭 5·6 特大森林火灾中,火烧强度对森林景观格局变化的影响,着重探讨了植被景观格局的状况(孔繁花等, 2005; 孔繁花等, 2004)。解伏菊等利用 LANDSAT TM 数据提取主要的森林景观类型及反映植被生长状况的 NDVI 值,研究了火烧强度与森林景观格局、植被生长状况的关系(Xie et al., 2005; 解伏菊, 2007)。此外,张志东、臧润国等则主要探讨了森林景观动态与物种共存机制及森林生物多样性问题(张志东和臧润国, 2007)。3S 技术的迅速发展为研究大面积的森林植被景观格局变化以及森林的生长状况提供了可靠的技术手段。

森林植被火干扰面积和形状决定了火干扰斑块的边缘特征、边缘效应以及种子的侵入,从而影响到森林植被的物种组成与空间格局(胡海清, 2005)。

森林植被火干扰强度还随火干扰类型而不同,火烧强度对植被景观空间格局及其变化起着重要作用(孔繁花等,2005;孔繁花等,2004)。大兴安岭北部林区火干扰强度对森林群落影响研究中,重度火烧过的各类森林中,杨桦被全部烧死,但萌生条很多,兴安落叶松和樟子松(*Pinus sylvestris*)林的小径木也被大部烧死,林分更趋单层化,但原林分中有30%以上的白桦林分,由于白桦全部烧死,促进了树桩的萌芽更新,结果形成了与白桦混交的复层林。轻度火烧的各类森林,林中小径木和全部幼林被烧死,而且杨桦萌生条较少,使林分成了划一的单层结构。景观是由具有不同干扰历史的群落组成的,火干扰常被看作生物多样性和景观异质性的源泉之一(卢振兰等,2001);同时,景观格局又反过来影响森林火灾的发生、发展和蔓延。低强度小面积火烧或不均匀火烧通常可建立较多的过火斑块,从而增加景观的异质性和多样性(Chapman 和高瑞平,1994)。火干扰对于许多森林生态系统的存在是至关重要的,火干扰发生频率和严重性深刻地影响了区域内森林的结构与组成的空间分布(Kasischke et al., 2000)。

2 气候变化对森林影响研究现状

人类活动影响着环境,由此产生的以气候变化为主体的环境变化对全球生态系统产生了日益明显的影响,并将影响人类未来的生存和生活。搞清全球变化对生态系统的潜在影响是提出科学应对策略的基础。因此,全球变化研究是近年来生态学和其他相关学科的最前沿领域之一。森林生态系统作为最大的陆地生态系统,对吸收CO₂等温室气体、减缓气候变化等具有直接的意义,因此,全球气候变化和森林生态系统之间的互动关系研究是全球变化研究的重要内容。在气候变化对森林的影响的研究中,为揭示未来气候变化对森林的潜在影响,需要比较大的时间尺度,一般难以直接开展实验研究,因此,研究方法很重要。

2.1 全球变化对森林生态系统影响的主要研究方法介绍

全球变化对森林生态系统影响的研究主要集中在气候变化对森林结构和生产力两个方面的影响上(Emanuel et al., 1985; Robert et al., 1999; Smith et al., 2001)。目前采用的方法主要是模型预测法,即根据现有的森林模型和未来气候情景进行预测。主要使用两个方面的模型:一个是未来气候情景的预测模型,主要使用大气环流模型(GCM)(Hansen et al., 1983; Wilson et al., 1987; Schlesinger et al., 1988; Mitchell et al. 1990; Gates et al., 1990; Boer et al. 1992),另一个是森林模型。气候模型超出了本领域的研究范围,故不加以

讨论。所用的森林模型可分为静态模型和动态模型两大类。静态模型主要是气候生物量模型、气候生物带模型等(Holdridge, 1947, 1967; Neilson, 1986, 1987; Woodward, 1987; Neilson et al., 1989; Stephenson, 1990; Prentice et al., 1992; Haxeltine et al., 1997; 周广胜等, 1998), 这些模型在对全球变化对森林影响的研究的早期使用较多。静态模型使用方便, 但在描述森林动态变化方面能力较差, 不能充分反映气候变化对森林影响的过程和机理, 目前使用得较少。

动态模型主要指森林动态模型, 即能够反映森林植被动态变化、演替规律的模型。从尺度上讲最常用的是林隙模型(Joergensen, 1985)和景观模型(Turner, 1988; Turner et al., 1989; Davis et al., 1990; Liu, 1998), 当然也有更大尺度上的全球植动态模型(DGVM)(Foley et al., 1996; Haxeltine et al., 1996; Friend et al., 1997; Lenihan et al., 1998; Potter and Klooster, 1999; Peng, 2000)。在研究全球变化对森林生态系统影响方面, 使用最多的是林隙模型或由林隙模型扩展的其他模型, 或者说, 在全球变化对森林影响研究中所使用的模型基本是基于林隙模型或其中的部分模块的。因此, 下面的综述主要针对林隙模型进行。

对于林隙模型介绍和描述的文献很多(Aagren et al., 1991; Band et al., 1991; Bossel, 1992; Brandshaw et al., 1992; Alvarez et al., 1993), 比较综合的有(邵国凡等, 1995; 葛建平, 1996; Bugmann, 2001)等, Global Change 杂志 2001 年出专刊对林隙模型在全球变化研究中的应用进行过系统的评论。对于有关林隙模型的具体技术细节在此不再赘述。

因为环境变量, 特别是气候变量是林隙模型的主要驱动变量, 所以林隙模型可以直接用于全球变化对森林影响的研究(Shao et al., 2001), 用预测的气候情景下的气候/气象因子(王绍武等, 1993)驱动模型即可预测在这些气候情景下森林结构和功能的变化(吴正方等, 1997)。

模型法预测的准确性完全取决于模型对有关过程描述的准确性。传统的林隙模型是统计特征多于对过程、机理的描述(Bossel, 1992), 萌发和死亡通过函数描述, 个体的生长一般是通过基于一个统计性的生长方程来刻画, 同时考虑光、温度、水分、土壤养分、竞争、扰动等对生长的影响。目前林隙模型在模拟林分动态方面是最合适的工具, 但限于研究水平, 对上述过程的描述只能进行简化, 因此带来了一定的误差。能够产生误差的有如下地方:

(1) 生长方程

林隙模型中使用的生长方程多是统计方程(Dale et al., 1985), 由于这些方程中的参数估计具有很强的局域性, 因此, 当环境条件变化时会产生较大的

误差(张小全等,2002)。

(2)光分布和竞争的描述

光在林分内的空间分布对林木个体的生长有很大的影响,如何准确描述林分内光的空间分布或光被不同林层的吸收是十分困难的。其中首先涉及的就是树木的林冠模型。早期的模型如 JABOWA(Bokin et al.,1972)采用薄片圆盘来模拟,后来使用柱状和锥型等。由于计算上的限制,许多模型采用累积叶面积的方法,这又涉及到叶面积指数的计算,一般都通过建立胸径等和叶面积的关系来实现。建立这种关系需要大量的外业工作,目前对于许多树种而言尚缺乏足够的数据库。即使有一比较完善的树冠模型,但对于要求逐株计算的林隙模型,完整计算林冠的空间分布所需的计算量是十分大的(Haefner et al.,1991)。

光的空间分布本身就是一种竞争。对于其他方式的竞争,包括土壤养分、水分的竞争,目前还很难形成一个完善的模拟框架。即使存在这样的框架,对于许多树种而言,由于目前的基础研究不完善,所需数据也十分匮乏。

(3)土壤水分过程

土壤的水分受气象条件(降水、温度、风、辐射等)和土壤自身的性质影响很大,其空间异质性十分明显(Burgess et al.,1980)。合理描述土壤中水分的空间分布及其对树木个体生长的影响对林隙模型的准确性影响很大。对于许多树种而言,目前这方面的数据还是空白。

(4)土壤养分过程

土壤的养分状况对林木的个体生长有很大影响。目前对这方面的模拟多集中在氮素上(Gignoux et al.,2001),对于其他元素和这些元素之间的综合作用还缺乏科学的描述框架和数据。

(5)种群扩散过程

种群扩散过程的模拟对于研究气候变化对森林生态系统结构和功能的影响十分重要。种群的扩散与树种的下种能力、种子飞散距离和种子萌发等关系密切。目前对一些树种的种子库和种子传播距离进行过研究(Fenner,1985),但目前这些数据还离准确模拟很远。

在用林隙模型研究全球变化对森林生态系统的影响时,除了这些误差外,还会因缺乏生理基础而带来另外的误差。因为全球变化对森林的影响包括各个层次,如 CO_2 浓度升高和温度升高对树木个体的生理过程、生长过程和林分、群落等层次的影响等(Friend,2001;Hanan et al.,2002;Ollinger et al.,2002;Wang et al.,2002)。这些影响之间的相互作用通过森林生态系统结构和生产力的变化得到体现,林隙模型只有将这些影响综合起来才能提高预测

的准确性,而目前的林隙模型的生理基础还是相对薄弱的。

林隙模型缺乏对生理过程的描述,特别是缺乏对气候变化时,如 CO_2 浓度升高和温度升高时植物个体的生理过程的描述。其主要原因是目前对气候变化条件下个体的生理过程变化的研究还不很充分。目前生理过程和林隙模型不断结合(Friend et al, 1993), Pritchard 等(1999)对这方面的研究进行过综述。总的来说,确定性的结论不多,这为建模增加了不确定性。

由于目前对未来全球气候变化情况的预测和植被对 CO_2 增加、温度升高等的反应过程和机理尚缺乏足够的实验数据,难以支持建立过程描述完善的植被动态模型,因此,现有模型都有许多简化,存在着许多潜在的假设,至少有以下 4 个:

(1)气候和 CO_2 的变化不改变各树种的各种生理、生态过程的机制。驱动变量的变化也不改变上述过程中的参数,即各树种的最大胸径、最大树高、最大年龄、形数参数、叶面积指数等在气候变化时保持不变。

(2)各树种的种源充足。

(3)种间关系保持不变。

(4)扰动系统可能发生变化。

事实上,这些假设在 CO_2 增加、温度升高等条件下能否依然成立是值得探讨的,但目前尚不能提供足够的证据。

尽管有上述的困难,但有一点是确定的,即为搞清气候变化对森林生态系统的影响,林隙模型必须增加生理基础。事实上,在气候变化对森林生态系统生产力的影响方面生理过程参与得较多,在林隙模型方面生理过程的描述目前也有所增加,但增加到什么程度,Reynolds et al (2001)对此讨论过。

另一个影响模型预测能力的问题是模型的验证,特别是对气候变化情景下森林动态变化的预测模型的验证。事实上这是十分困难的。如果要验证,只能验证模型的一部分。而传统的森林动态模型是相对容易验证的,有关这方面的情况可见文献(邵国凡等, 1995)。如果模型的验证问题能够得到较好的解决,气候变化情景下森林结构和功能的预测研究水平就会得到很大的提高。近年来,气候变化产生的累积效果越来越明显,为模型的验证提供了一定的可能性。

总的来说,在进行气候变化对森林结构和功能影响的研究上,模型法虽然在生理基础和验证等方面存在一些困难和不确定性,但仍是这类研究的主要方法,在具体细节上的不确定性可能比较大,但在揭示变化规律和趋势上仍是科学的。

2.2 与黑龙江省温带森林有关的研究介绍

对于气候变化对森林的影响的研究已开展得十分广泛,研究包括从个体到群落、到景观乃至全球尺度。目前关于这方面的综述也很多。限于篇幅,本书仅介绍与黑龙江省温带森林有关的研究内容。

黑龙江省现有的温带森林是中国东北温带红松针阔混交林和该类型森林在大面积皆伐后形成的次生阔叶落叶混交林。目前对红松针阔混交林动态变化的研究已很多(徐振邦等,1985;葛剑平,1993;延晓东等,1995),对气候与植被分布之间关系的研究也很多(徐文铎,1986;徐德应等,1997;郭泉水等,1998),对红松针阔混交林和其他森林类型在气候变化情景下的变化也已开展过一些研究(吴正方等,1997;Zhao et al.,1998;延晓冬等,1999;陈雄文等,2000a,2000b;陈雄文,2002)。这些研究中既有使用静态模型方法的,也有使用动态模型方法的。

徐德应等(1997)、郭泉水等(1998)收集了兴安落叶松(*Larix gmelini*)、红松(*Pinus Koreanensis*)等树种的生态气候信息,如年平均气温、最冷月平均最低气温等树种分布区的气候、气象指标,据此建立了这些树种的生态气候适应参数区间,根据 GCM 模型确定了 2030 年的气候场,利用静态森林分布模型的原理,生成了 2030 年气候变化情景下这些树种的地理分布图,同时通过该分布图与这些树种的现有地理分布图相比较,研究了气候变化对这些树种分布的影响。该方法在描述变化趋势上是可取的,但没有充分考虑种群的扩散速度,是一种静态模型的方法。

吴正方等(1997)建立了水-温因子函数来评价阔叶红松林分布区的气候适宜性,结合 GCM 气候变化情景分析了阔叶红松林对气候变化的响应,得出如下结论:气候变暖将使阔叶红松林分布范围缩小,南界北移,分布区适宜性下降。他们利用林隙模型对有关林分在气候变化情景下的动态变化进行了研究,结果表明,不同的气候情景下林分反应不同。在 GISS(Hansen et al.,1983)和 OSU(Schlesinger et al.,1988)情景下,云冷杉阔叶红松林将逐渐向枫桦紫椴红松林转化;在 GFDL(Mitchell et al.1990)和 UKMO(Wilson et al.,1987)情景下,该林分将向蒙古栎、紫椴、裂叶榆等阔叶树种组成的阔叶林演变。

Zhao et al(1998)、延晓冬等(1999)用 NEWCOP 模型分别对东北和小兴安岭的森林对气候变化的响应进行了研究,结果表明,在小兴安岭林区,蒙古栎等阔叶树在森林中的比例将越来越大。对于东北地区而言,在东北北部红松减少得最多,蒙古栎逐渐增加,落叶松有所减少;在东北中部针阔混交林依然存在,但阔叶成分增加;在东北南部红松将变成伴生树种,分布区减少。

上述研究所用的方法都是利用气候变化情景下的气候变量来驱动传统的林隙模型,对于林木个体生理过程对气候变化响应的描述较少。

陈雄文等(2000a,2000b)和陈雄文(2002)对小兴安岭的天然林、针阔混交林和北方针叶林与温带针阔混交林之间的过渡带等对气候变化和 CO_2 浓度倍增的响应分别进行了研究,结果表明,在气候变化时,红松林总株数将减少 20%,其生物量将减少约 90%,红松逐渐消失,林分以蒙古栎、山杨、白桦为主,蒙古栎的生物量占林分总生物量的 57% 以上。气候变化后环境将趋向干旱,这些树种将是未来群落的主要树种。该研究采用的是 BKPF 模型,根据试验数据提出了用 CO_2 对林木生长的影响因子来表征不同 CO_2 浓度对个体生长的影响,在方法上较传统的林隙模型向前迈进了一步。

Shao et al(2001)对 KOPIDE、NEWCOP 和 ForClim 三个模型在中国长白山的林分模拟情况进行了比较。指出这些模型外推时应慎重,在新的气候情景下使用时应注意模型的建立条件。

总的来说,目前关于气候变化对中国东北温带森林影响的研究,主要集中在天然林或红松针阔混交林上,对于次生林研究得较少。这些研究基本是从裸地演替开始,模拟的样地数量一般比较少。在林火等扰动因素方面考虑得较少,事实上,对于该区域,林火是十分重要的生态因子(金森等,2002,胡海清等,2002,金森,2002),而林火在林分动态变化研究中又是十分重要的因子(Thonicke et al.,2001),因此,在有关工作中应给予充分的重视。将林火与气候变化联合考虑正是本书的重点。另外,现有研究中所使用的模型的生理基础相对薄弱,多数工作是基于纯林隙模型的,没有考虑光合速率和产物的变化。这些模型建立在现有林分动态变化规律和植被、林型的空间(大尺度)分布规律的基础上,当只考虑以温度、水分为驱动变量时,对气候变化情景下森林变化的模拟结果可能或只能反映现有森林空间分布的简单北移,在林分组成变化方面上则主要取决于温度(积温)、降水(干燥度)对不同树种个体生长的限制及由此引发的死亡差异以及由此进而引发的在不同气候情景下林分组成的变动。在不考虑 CO_2 时,树种的寿命对是否能成为优势种的影响很大。但在考虑 CO_2 时,寿命和光合速率两者共同作用,可能会出现一些与传统模型结果不同的情况。