

黑龙江大学博士文库

植物生态研究

黑龙江省东部山区谷地 云冷杉林衰退机理

◎王庆贵 / 著

Heilongjiang sheng Dongbu Shanqu Gudi
Yunlengshan lin Shuaitui Jili

黑龙江人民出版社

黑龙江大学博士文库

——植物生态研究

黑龙江省东部山区 谷地云冷杉林衰退机理

王庆贵 著

黑龙江人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

植物生态研究/王庆贵 邢亚娟 孙龙 著. —哈尔滨: 黑龙江人民出版社, 2006. 10

ISBN 7-207-07150-7

I. 植... II. ①王... ②邢... ③孙... III. 冷杉—植物生态学—研究 IV. S791.140.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 121817 号

责任编辑: 刘恺汐

植物生态研究

黑龙江省东部山区谷地云冷杉林衰退机理

Heilongjiang Sheng Dongbu Shanqu Gudi

Yunlengshanlin Suaitui Jili

王庆贵 著

出版发行 黑龙江人民出版社

通讯地址 哈尔滨市南岗区宣庆小区 1 号楼(150008)

网 址 www.longpress.com E-mail hljrmchs@yeah.net

印 刷 哈尔滨市工大节能印刷厂

开 本 850×1168 毫米 1/32

印 张 18

字 数 420 000

版 次 2005 年 10 月第 1 版 2006 年 10 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 7-207-07150-7/S·100

定价: 32.00 元(全三册)

(如发现本书有印刷质量问题, 印刷厂负责调换)



作者简介

王庆贵,男,1970年9月生,生态学博士、副教授、硕士研究生指导教师,中国科学院应用生态研究所博士后。主持省部级项目7项,合作主持国家级项目2项,曾获得省部级科技进步二等奖一项、三等奖两项,出版专著两部,发表论文30余篇。主要研究方向为全球气候变化、生物多样性保育、生态安全、农产品质量标准等。现在黑龙江大学任教。

E-mail:qgwang1970@163.com

前 言

地球是一个动态的系统,自形成以来就从未稳定过。有充分的证据表明,包括大气中 CO_2 气体浓度的增加,全球 N 循环的改变,土地类型以及土地利用等在内的一系列变化都与人类活动有关。毫无疑问,研究人类所处的环境变化是十分重要的。同样重要的是我们必须了解生态系统对这些变化的响应,这对于我们了解地球系统自身的动态过程及指导人类如何适应变化的环境是极为必要的。在所面临的地球系统自身的许多变化中,本世纪全球气候将会持续变暖已成共识。气候的变化可能会使生物气候带(biome)在纬度上向极地方向移动、在海拔上向上移动。我国黑龙江省东部小兴安岭林区地处全球气候变化较为敏感的区域,在全球气候变化背景条件下,植被分布也可能会向北极方向水平移动,这将导致这一地区的某些物种会对全球气候变化产生响应。

所有植物对环境(包括气候)的变化都是敏感的,但敏感程度有所不同。从全球的角度来看,气候尤其是温度和降水通过物种的生理阈值确定其地理分布,植物体在其分布区生存的同时,也确实表现出了对气候变化的某种响应。不同地区不同植物的这种响应的具体表现不同:有的地区表现为加速植物体的生长和发育,能极大地促进植物的生长;而有的地区则表现为植物体的长势下降,表现为明显的衰退现象。我国对于森林衰退的研究

多数集中在病虫害领域,时间集中于上世纪 90 年代,但关于云冷杉衰退机理的研究成果和文献很少,以全球气候变化作为衰退驱动因子的研究成果和文献则更少。

黑龙江东部山区谷地云冷杉林地处小兴安岭林区——岛状多年冻土区小兴安岭低山丘陵岛状冻土亚区,是岛状多年冻土区的最南界,全球气候变暖导致这一地区最直接的变化是多年冻土的消融,而使得生活于谷地的云冷杉林衰退,其原因是多年冻土的不断消融而使得云冷杉的根部抬升,养分和水分供应不足而导致;该林区同时又是黑龙江东部山区谷地云冷杉林天然分布的最南界,是水平分布的南北交错带(ecotone),交错带群落对全球气候变化较为敏感,是研究全球气候变化和森林生态系统相互作用机理的理想区域。20 世纪 90 年代以来,黑龙江省东部山区尤其是小兴安岭林区谷地云冷杉林的成片死亡,已经表现出了明显的衰退迹象,但迄今为止仍没有一个权威的结论揭示云杉死亡的机理。这给谷地云冷杉林的经营带来了极大的困难,造成了这一优质木材的极大浪费。为探索全球气候变化背景下黑龙江省东部山区这一珍贵树种的经营技术和发展战略,必须揭示这一森林群落的衰退机理,同时要确定这一群落由于气候变化而向北极圈的具体位移,以便对其进行适地适树的新界定,丰富和完善黑龙江谷地云冷杉林的经营理论和实践。

本书是东北林业大学周晓峰教授主持的国家自然科学基金委员会重大项目“中国东部陆地农业生态系统与全球变化相互作用机理的研究(编号 39899370)”的一部分。经过四年的野外调研和室内分析,从谷地云冷杉林本身的生物学和生态学特征、

谷地云冷杉林的生境条件、病虫害对其的影响、全球变化对云冷杉林的影响等方面，系统地研究了黑龙江省东部山区谷地云冷杉林的衰退机理。

周晓峰教授、牟长城教授、王传宽教授、韩士杰研究员、王贵强教授审阅了本书的所有章节，提出了许多宝贵意见和建议；写作过程中得到了东北林业大学祝宁教授、王义弘教授、赵惠勋教授、王凤友教授、国庆喜教授、柴一新副教授、孙惠珍博士、王晓春博士、孙龙博士的大力帮助，使我广开思路，受到启迪；外业调研得到了凉水国家级自然保护区宣立峰、高光辉、刘吉春、刘传照、李文友等同志的鼎力协助，得到了带岭林业局华福全、张洪斌、王宪忠、王红、杨树林等同志的大力帮助，得到了丰林国家级自然保护区徐存宝、刘继彬、宋影、宋国华、于占彬等同志的全力协助，得到了乌伊岭林业局、汤旺河林业局、红星林业局和塔河林业局许多同志的帮助。同时，在小兴安岭和大兴安岭的工作联系中，感谢马建路教授和王金满教授的全力支持。还要感谢哈尔滨工业大学的高兴喜博士提供了很多野外调查资料和数据分析。

本书如能成为广大读者的良师益友，从而共同推动气候变化背景下的谷地云冷杉林衰退机理的研究，作者将感到莫大的欣慰。恳切希望有关专家、学者和广大读者批评指正。

摘 要

本文是周晓峰教授主持的国家自然科学基金委员会重大项目“中国东部陆地农业生态系统与全球变化相互作用机理的研究(编号 39899370)”的一部分。通过常规的生态学手段,从谷地云冷杉林本身的生物学和生态学特性、谷地云冷杉林的生境条件、病虫害对其的影响、全球变化对云冷杉林的影响等方面,系统地研究了黑龙江省东部山区谷地云冷杉林的衰退机理,得出结论如下:

1. 云杉生长的近 40 年内均表现了生长下降的趋势,使其生长下降的影响因子唯一可能的是气候因子。塔河、乌伊岭、汤旺河、红星的云杉林为进展种群,而五营和带岭的云杉林为衰退种群。云杉死亡株的年龄结构范围较宽,排除了过熟死亡的可能性,进一步论证了死亡是由于外力的干扰而导致的。

2. 土壤 pH 与云杉死亡没有明显关系。另外,从 PH 值也可看出,该地区土壤未呈现酸化趋势;但是土壤阳离子代换量低可能是云杉死亡的一个因子。死亡木、濒死木、健康木三种不同生长状态的云杉各器官营养元素平均值含量无明显差异,各元素含量与云杉生长状态没有明显关系,这进一步说明云杉的死亡与营养元素的吸收无关。各样地微生物都极为丰富,特别是细菌数量远远多于其他非云冷杉林分,细菌数量在云杉林死亡区略高于生长正常区;放线菌数量变化与云杉死亡没有明显相关性。

3. 云杉死亡与线虫危害无关,病害也不是导致云杉林衰退的直接原因,云杉菌根呈现衰退趋势,菌根衰退可能是导致谷地云冷杉林衰退的一个因素,但是菌根衰退是一个复杂的过程,原因还有待更深入的研究。

4. 黑龙江省近百年来气温升高明显,大约 $+0.25^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。降水呈规律性的波动性变化,周期大约为11a。凉水自然保护区:在近30年的时间里年平均温度上升十分明显;近30年来的降水没有十分显著的差异,总体上保持平稳的水平。丰林自然保护区近年来无论是年均温、平均最高温度、平均最低温度均表现出了明显的升高趋势;降水变化十分明显,有明显的下降趋势,近30年来平均下降了50mm以上,说明该地区有明显的干旱趋势。塔河林业局的年均温升温十分明显;降水总体上比较平稳,略有升高的趋势。

5. 黑龙江省谷地云冷杉林衰退的最直接的原因即诱发因素是全球变化当中的温度变化,温度的明显升高导致了大小兴安岭的多年冻土南界的北移,而原来的南界地区——伊春市带岭区的多年冻土已基本上完全消融,从而导致了谷地云冷杉林的水分失调——春季过于干旱,而夏、秋两季湿度又过大。春、夏、秋季的土壤水分变化均导致了谷地云冷杉林的生长衰退,而且这一因素又长期在起作用,因此气候变化是最直接的原因,是诱因。

随着谷地云冷杉林生长势的明显下降,进而导致了病虫害的侵入,进一步加剧了谷地云冷杉林的衰退过程。因此,病虫害的侵害是刺激因素,它是第二阶段起作用的因素,可促使诱发因素的

作用明显表现出来。

随着谷地云冷杉林的更进一步的衰退和靠近死亡线,云冷杉林的根系活力明显下降,进而导致了根部菌根的明显衰退,加之土壤湿度的进一步加大,导致了云冷杉林的根部腐朽,促进了谷地云冷杉林的衰退和死亡,因此,菌根数量的降低和根部的腐烂是谷地云冷杉林衰退的促进因素,是第三阶段起作用的因素。

关键词: 黑龙江省东部山区 谷地云冷杉林 衰退

全球气候变化 冻土消融

目 录

摘要	(1)
1 绪论	(1)
1.1 云冷杉的地理分布	(2)
1.1.1 云杉的分布	(2)
1.1.2 冷杉的分布	(7)
1.2 气候变化对陆地生态系统的影响	(7)
1.2.1 CO ₂ 增浓对生态系统的直接作用	(7)
1.2.2 增温对陆地生态系统有正负两方面的效应	(9)
1.2.3 物种的地理迁移	(10)
1.2.4 全球变化对生物多样性和植被分布的影响	(12)
1.3 气候变化模型预测的我国植被分布变化	(15)
1.3.1 静态模型	(16)
1.3.2 动态模型	(17)
1.3.3 东北森林生态系统对气候变化的响应	(18)
1.4 生态交错带理论与森林衰退	(20)
1.4.1 生态交错带与系统稳定性	(22)
1.4.2 生态交错带与全球气候变化	(24)
1.5 全球气候变化与生态系统(森林)衰退	(25)
1.5.1 高温胁迫	(26)
1.5.2 水分胁迫	(28)

1.5.3 CO ₂ 施肥作用及其与气温升高的协同作用	(29)
1.5.4 促进植物种竞争和分异	(30)
1.5.5 增加气候变率,促使生态系统发生涨落	(32)
1.5.6 土壤温度上升会引起土壤中 HNO ₃ 过量和养分失调, 导致细根坏死	(33)
1.5.7 土壤温度上升会改变土壤动力学、水文学和物理学, 导致生境变化	(35)
1.6 森林衰退病的研究	(35)
1.6.1 森林衰退病的病原因素	(36)
1.6.2 森林衰退病的三种模式	(37)
1.6.3 树木衰退研究中存在的问题	(43)
1.7 云冷杉林的衰退	(44)
1.8 立题的目的	(46)
1.9 研究思路	(47)
2 研究地区自然状况	(48)
2.1 凉水自然保护区自然概况	(48)
2.1.1 地理位置	(48)
2.1.2 气候	(48)
2.1.3 土壤	(49)
2.1.4 植被	(49)
2.2 丰林自然保护区自然概况	(50)
2.2.1 地理位置	(50)
2.2.2 地形和土壤	(50)
2.2.3 气候	(51)

2.2.4 植被	(51)
2.3 塔河林业局自然概况	(51)
2.4 乌伊岭林业局自然概况	(52)
2.5 汤旺河林业局自然概况	(52)
2.6 红星林业局自然概况	(52)
3 谷地云冷杉林的生态学与生物学特性研究	(54)
3.1 红皮云杉的生长节律研究	(54)
3.1.1 观测地点基本情况	(54)
3.1.2 树高生长	(54)
3.1.3 直径生长	(56)
3.1.4 红皮云杉年周期树高生长与积温、降水、 日照的关系	(56)
3.1.5 红皮云杉物候期及气象指标	(59)
3.2 红皮云杉生长与水分的相关关系研究	(60)
3.2.1 土壤含水率对种子发芽的影响	(60)
3.2.2 土壤含水率对苗木高生长的影响	(61)
3.2.3 土壤含水率与苗木根系生长的关系	(61)
3.3 红皮云杉的生长过程	(62)
3.3.1 解析木的选择	(62)
3.3.2 数据的整理分析	(62)
3.3.3 结果与分析	(62)
3.4 红皮云杉的更新	(70)
3.4.1 云杉更新试验地点的选择	(70)
3.4.2 云杉更新的调查方法	(71)

3.4.3 结果与分析	(71)
3.5 红皮云杉的死亡年龄结构分析	(76)
3.6 小结	(77)
4 谷地云冷杉林的生境条件研究	(79)
4.1 试验方法	(79)
4.1.1 土壤养分分析方法	(79)
4.1.2 土壤微生物分析方法	(79)
4.1.3 植物样品分析方法	(79)
4.2 土壤养分分析	(80)
4.2.1 云杉林土壤 pH 值及阳离子代换量	(80)
4.2.2 云杉林土壤肥力	(80)
4.3 云杉器官中元素含量	(82)
4.4 云杉林土壤微生物	(83)
4.5 树木生长与根部着生的斑块大小的相关关系	(84)
4.6 小结	(87)
5 谷地云冷杉林的病虫害与衰退	(89)
5.1 云冷杉林内线虫调查	(89)
5.1.1 调查方法	(89)
5.1.2 结果与分析	(89)
5.2 云冷杉林的病虫害调查	(90)
5.2.1 调查方法	(90)
5.2.2 结果与分析	(91)
5.3 小结	(100)
6 全球气候变化	(102)

6.1 全球气候变化	(102)
6.1.1 气温变化	(102)
6.1.2 降水变化	(103)
6.2 中国近百年气候变化	(104)
6.2.1 气温变化	(104)
6.2.2 降水变化	(107)
6.3 黑龙江省历史时期的气候变化	(109)
6.4 黑龙江省近百年来气候变化	(114)
6.4.1 气温变化	(114)
6.4.2 降水变化	(117)
6.5 凉水自然保护区近期气候变化	(118)
6.5.1 温度变化	(118)
6.5.2 降水变化	(125)
6.6 丰林自然保护区近期气候变化	(129)
6.6.1 气温变化	(129)
6.6.2 降水变化	(130)
6.7 塔河林业局近期气候变化	(132)
6.7.1 气温变化	(132)
6.7.2 降水变化	(135)
6.8 小结	(135)
7 冻土消融与谷地云冷杉林的衰退	(138)
7.1 全球变化与冻土的消融	(138)
7.1.1 大、小兴安岭多年冻土区	(139)
7.1.2 影响大、小兴安岭多年冻土形成的自然因素 ...	(143)

7.1.3 多年冻土分布规律及其南界	(144)
7.2 冻土消融与谷地云冷杉林下土壤含水率的变化 ...	(153)
7.2.1 试验方法	(153)
7.2.2 结果与分析	(154)
7.3 小结	(170)
8 结论	(171)
8.1 谷地云冷杉林本身的生物学和生态学特性	(171)
8.2 谷地云冷杉林的生境条件	(172)
8.3 病虫害对谷地云冷杉林的影响	(172)
8.4 气候变化	(173)
8.5 冻土消融与谷地云冷杉林衰退	(174)
8.6 讨论和建议	(175)
参考文献	(177)

1 绪 论

研究地区的谷地云冷杉林广泛分布于 200~500m 窄河谷及局部宽谷地带,以红皮云杉(*Picea koraiensis*)为主,是北起黑龙江下游暗针叶林的延伸,广泛分布于东北东部山地,位于阔叶红松林带的下限,黑龙江省境内集中分布在张广才岭海拔 600~900m,小兴安岭 300~500m 的山麓平缓谷地。完达山区因为开发较早,仅有少量分布。红皮云杉耐寒性强,一直延伸到大兴安岭东部伊勒呼里山以北,呼玛河、阿木尔河流域及其支流的河谷低湿地段,呈零星分布。谷地云冷杉林由于分布于海拔较低的河谷和溪流附近,湿度大、温度低,有岛状多年冻层分布。谷地云冷杉林是黑龙江省重要的森林群落之一,在小兴安岭地区面积和蓄积分别占天然林总面积和蓄积的 20%和 23%,同时,在水源涵养、护岸保土和风景游憩方面起重要作用(黑龙江森林, 1993)。

20 世纪 90 年代以来,在伊春地区陆续发现谷地云冷杉林大片死亡的报道,东北林业大学也曾在 1993~1995 年专门设专项基金对此进行研究,参加该项研究的学科很多,但最终没有形成一致的研究成果。伊春林区属于岛状多年冻土区小兴安岭低山丘陵岛状冻土亚区(周幼吾、郭东信等,2000),是谷地云冷杉林天然分布的南界,但随着全球气候的不断变化,全球温度的不断升高,多年冻土可能要融化,使谷地云冷杉林的生境发生很大