

长白山暗针叶林苔藓植物群落特征与林木更新的关系

蔺 菲<sup>1 2</sup> 郝占庆<sup>1,\*</sup> 李步杭<sup>1 2</sup> 叶 吉<sup>1</sup> 戴冠华<sup>3</sup> 张 健<sup>1 2</sup> 倪伟东<sup>4</sup>  
(1. 中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039;  
3. 中国科学院长白山森林生态系统定位站, 安图 133613 ;4. 大连市林业局, 大连 116023 )

**摘要** 暗针叶林是长白山亚高山地区的主要森林植被, 林下苔藓植物资源极其丰富, 有些地段苔藓盖度可达 80% 以上。苔藓植物作为暗针叶林的主要活地被物, 其对林木更新的影响不容忽视。研究了苔藓植物的盖度和厚度对暗针叶林主要树种更新的影响。对苔藓层盖度及厚度与主要针叶树种及亚乔木树种幼苗数量的相关关系分析发现, 当苔藓盖度大于 40% 或厚度大于 4cm 时, 苔藓层对红松、臭冷杉、花楷槭幼苗数量的负面影响较明显; 而在苔藓厚度小于 4cm 时, 苔藓层有利于花楷槭和花楸幼苗数量的增加; 对苔藓层盖度及厚度与针叶树幼苗高度的相关关系分析发现, 一定盖度和厚度的苔藓层对幼苗高生长有积极作用, 但其影响程度在各树种间有明显差异。  
**关键词** 苔藓盖度 苔藓厚度 幼苗数量 幼苗高度  
文章编号 :1000-0933 (2007) 04-1308-07 中图分类号 :Q949.35 文献标识码 :A

The relationship between the moss community characteristics and the regeneration in the dark coniferous forest of Changbai Mountain

LIN Fei<sup>1 2</sup> ,HAO Zhan-Qing<sup>1,\*</sup> ,LI Bu-Hang<sup>1 2</sup> ,YE Ji<sup>1</sup> ,DAI Guan-Hua<sup>3</sup> ,ZHANG Jian<sup>1 2</sup> ,NI Wei-Dong<sup>4</sup>  
1 Institute of Applied Ecology , Chinese Academy of Sciences , Shenyang 110016 , China  
2 Graduated School of Chinese Academy of Sciences , Beijing 100039 , China  
3 Changbai Mountain Research Station of Forest Ecosystem , Chinese Academy of Science , Antu 133613 , China  
4 Dalian Forest Bureau , Dalian 116023 , China  
*Acta Ecologica Sinica* 2007 27 (4) 1308 ~ 1314.

**Abstract** : Dark coniferous forest is a major subalpine forest of Changbai Mountain , where the resources of bryophytes are abundant and in some places , their coverage can reach over 80% . Since the moss is the main ground cover , it is very important to study how it effects the forest regeneration. In this study , the moss community characteristics , such as moss cover and moss depth , were used on how they affect the regenerations of the dominant species in the dark coniferous forest. We analyzed the correlations between moss cover , moss depth and seedling numbers of dominant species. When the moss cover was more than 40% , or its depth was more than 4 cm , the number of seedlings in *Pinus koraiensis* , *Abies nephrolepis* , and *Acer ukurunduense* had significant negative correlations with the moss cover or its depth. But when moss depth was less than 4cm , the moss layer has positive effect on the seedlings of *Acer ukurunduense* and *Sorbus pohuashanensis*. Based on the analysis of the effects of moss cover and moss depth on coniferous seedling heights , it was found that under some condition , moss layers had positive effects on seedling heights of *Pinus koraiensis* and *Picea jezoensis* var. *komarovii*.

基金项目 国家自然科学基金资助项目 (30270224 )  
收稿日期 2006-04-20 ; 修订日期 2006-12-15  
作者简介 蔺菲 (1979 ~ ) , 女, 满族, 辽宁西丰人, 硕士, 主要从事生物多样性和森林生态学研究. E-mail : linfeifu@yahoo. com. cn  
\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail : hzq@iae. ac. cn  
**Foundation item** : The project was financially supported by National Natural Science Foundation of China (No. 30270224 )  
**Received date** 2006-04-20 ; **Accepted date** 2006-12-15  
**Biography** LIN Fei , Master candidate , maily engaged in biodiversity and forest ecology. E-mail : linfeifu@yahoo. com. cn

**Key Words** : moss cover ; moss depth ; seedling numbers ; seedling height

幼苗建成是控制森林动态发展的初始阶段 ,也是一个重要阶段。微生境在很大程度上影响着幼苗建成<sup>[1]</sup>。在亚高山暗针叶林生态系统中 ,苔藓群落往往生长繁茂 ,为一些维管植物幼苗提供了良好的建成基质<sup>[2~6]</sup>。但有时苔藓群落也制约着植物幼苗的生长和存活。许多研究发现 ,去除苔藓层后 ,一些植物的出苗率会增加 ,尤其是小种子植物<sup>[7~10]</sup> ,其原因可能是由于在苔藓层中小种子胚根很难到达土壤层并扎根 ,结果导致窒息或干旱而死亡。目前 ,国内对于苔藓植物和林木更新的关系研究较少。本文以长白山暗针叶林为研究对象 ,通过野外调查 ,初步研究了苔藓植物群落特征与林木更新的关系 ,旨在进一步了解苔藓植物的生态功能 ,同时也为生物调解植物更新格局补充科学依据。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究地区概况

研究地区位于长白山自然保护区暗针叶林带。其海拔分布在 1100 ~ 1700m 之间 ,年平均气温为 -2.3 ~ 0.9℃ ,年降水量为 782.4 ~ 967.3mm<sup>[11]</sup> ,是长白山自然保护区内苔藓植物生长最好 ,种类最多的地区 ,有“苔藓植物世界”之称<sup>[12]</sup>。野外调查地点选择在海拔 1250m 和 1650m 处的平坦地带 ,分别称为 1 号样地和 2 号样地。1 号样地为苔藓红松云冷杉林 ,海拔高度为 1250m ,主要建群树种是鱼鳞云杉 (*Picea jezoensis* var. *komarovii*)、臭冷杉 (*Abies nephrolepis*) ,伴有红松 (*Pinus koraiensis*) ,长白赤松 (*Pinus sylvestriformis*)、落叶松 (*Larix olgensis*)等 ;下层木种类较为丰富 ,主要有花楷槭 (*Acer ukurunduense*)、青楷槭 (*Acer tegmentosum*)、尖叶茶藨 (*Ribes maximoviczianum*)、蓝靛果忍冬 (*Lonicera edulis*)等 ;草本层种类较少 ,主要种类有二叶舞鹤草 (*Maianthemum bifolium*)、深山堇菜 (*Viola selkirkii*)、林奈草 (*Linnaea borealis*)、一枝黄花 (*Solidago virgaurea*)、羊胡子苔草 (*Carex appendiculata*)等 ;苔藓层特别发达 ,林下苔藓盖度可达到 50% ~ 80% ,有的地段甚至达到 100%<sup>[12]</sup> ,主要种类为赤茎藓 (*Pleurozium schreberi*)、塔藓 (*Hylocomium splendens*)、拟垂枝藓 (*Rhytidiadelphus triquetrus*)、毛梳藓 (*Ptilium crista-castrens*)等。2 号样地为苔藓岳桦云冷杉林 ,海拔高度为 1650m ,它是暗针叶林上限森林植被的典型代表 ,地势平坦 ,上层乔木以鱼鳞云杉为主 ,臭冷杉成分渐少 ,混有岳桦 (*Betula ermanii*)和落叶松 ;下木层发育较弱 ,种类有花楸 (*Sorbus pohuashanensis*)、蓝靛果忍冬等 ;草本层盖度约 40% ,主要种类有星叶兔儿伞 (*Cacalia komaroviana*)、类叶升麻 (*Actaea acuminata*)、小叶樟 (*Deyeuxia angustifolia*)、一枝黄花等 ;苔藓层较发达 ,盖度可达到 50% ,主要种类为塔藓等<sup>[13~15]</sup>。

1.2 研究方法

幼苗更新的调查按样方来进行 ,分别在 1 号样地和 2 号样地设置十字形样带。每条样带长为 175m ,宽 2m ,沿样带每隔 5m 设置 2m × 2m 的样方。每条样带 25 个样方 ,共 4 条样带 ,100 个样方。每个样方的调查内容包括 :胸径小于 1cm 针叶树幼苗及亚乔木树种幼苗的种类、数量、高度、年龄 (只调查针叶树年龄) ;样方内苔藓的厚度、盖度 ;每株幼苗周围 20cm × 20cm 区域内的苔藓盖度、厚度。划分苔藓盖度等级和厚度等级 (表 1) ,对苔藓群落特征和幼苗数量及高度进行简单相关分析 ,并列出相关系数。

2 结果与分析

2.1 苔藓植物群落特征与幼苗数量的关系

通过分析不同苔藓厚度、苔藓盖度下幼苗数量的分布情况 (图 1、2) ,发现随着苔藓层厚度的增加 ,幼苗数量呈现先增加后降低的趋势 ,厚度等级值为 IV 时幼苗数量达到最大 ,盖度等级值为 I 时平均幼苗数量最低 ,盖度等级值为 IV 时平均幼苗数量最多 ,其他盖度等级值下幼苗的数量差异不是很大。另外 ,野外调

表 1 苔藓盖度等级和厚度等级表\*

Table 1 Coverclass and depthclass of bryophytes			
盖度等级值 Coverclass value	盖度等级 (%) Coverclass	厚度等级值 Depthclass value	厚度等级 (cm) Depthclass
I	<5	I	<1.5
II	6 ~ 25	II	1.6 ~ 2.5
III	26 ~ 50	III	2.6 ~ 3.5
IV	51 ~ 75	IV	3.6 ~ 4.5
V	76 ~ 100	V	4.6 ~ 5.5
	-	VI	5.6 ~ 6.5

\* 盖度等级的分类方法参照 Braun-Blanquet 等级<sup>[16]</sup> Coverclass  
Classification method refers to Braun-Blanquet class

查发现,1 号样地的苔藓盖度、厚度及幼苗数量远大于 2 号样地。1 号样地和 2 号样地的苔藓平均盖度分别为 45%、24%,苔藓平均厚度分别为 4.85cm、2.11cm,幼苗数量分别为 6170 株/hm<sup>2</sup>、2385 株/hm<sup>2</sup>。由此可见,苔藓植物群落特征的差异可能影响幼苗的存活和生长,因此,有必要分析苔藓植物群落特征与各主要树种幼苗数量之间的相关关系。

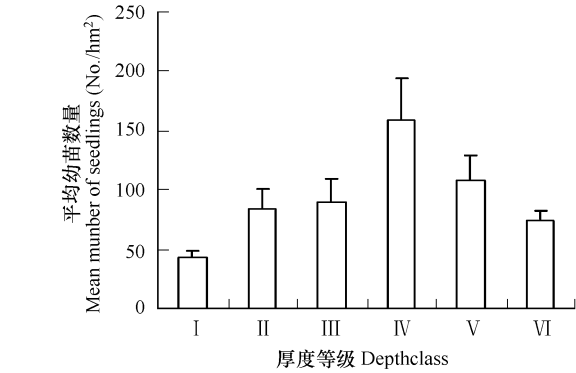


图 1 各厚度级的平均幼苗数量

Fig. 1 Mean number of seedlings in every depthclass

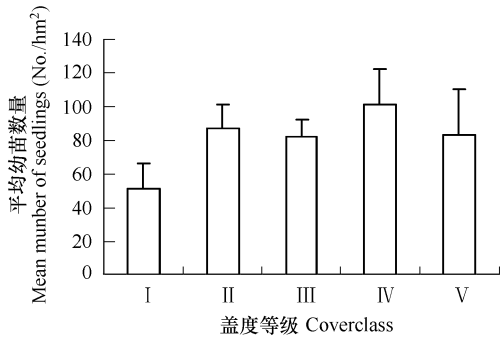


图 2 各盖度级的平均幼苗数量

Fig. 2 Mean number of seedlings in every coverclass

2.1.1 苔藓植物群落特征与针叶树幼苗数量的关系

对苔藓层厚度和主要针叶树种幼苗数量进行相关分析发现(表 2),从总体上看,两个样地的红松、臭冷杉、鱼鳞云杉的幼苗数量与苔藓层厚度没有明显的相关关系,并且当苔藓层盖度小于 40% 时,也没有发现它们之间有显著的相关关系。对两块样地分别进行分析发现,在 1 号样地,当苔藓盖度大于 40% 时,红松和臭冷杉的幼苗数量与苔藓层厚度均呈极显著的负相关关系,也就是说,当苔藓盖度超过 40%,苔藓层厚度越大,红松和臭冷杉的幼苗数量越少;当苔藓层厚度小于 4cm 时,只有臭冷杉的幼苗数量与苔藓层厚度呈显著负相关关系,在厚度大于 4cm 时,二者仍表现为负相关关系,并接近显著水平( $p=0.059$ )。对于 2 号样地,无论在哪种条件下分析,结果均未发现臭冷杉和鱼鳞云杉幼苗数量与苔藓层厚度有显著的相关关系。

表 2 苔藓层厚度与其林冠层针叶树幼苗数量的相关关系

Table 2 Correlation between moss depth and numbers of coniferous seedling

样地 Sample	条件 Condition	树种 Species		
		红松 <i>Pinus koraiensis</i>	臭冷杉 <i>Abies mephrolepis</i>	鱼鳞云杉 <i>Picea jezoensis</i> var. <i>komarovii</i>
1 号样地 Site 1	总体 Total	-0.101	-0.032	0.121
	盖度 (Cover) ≤40%	0.169	0.470	-0.059
	盖度 (Cover) >40%	-0.484 **	-0.454 **	-0.077
	厚度 (Cover) ≤4cm	0.109	-0.645 *	-0.421
	厚度 (Cover) >4cm	-0.202	-0.314	0.272
2 号样地 Site 2	总体 Total	-	0.242	-0.005
	盖度 (Cover) ≤40%	-	0.234	-0.011
	盖度 (Cover) >40%	-	0.407	0.308
	厚度 (Cover) ≤4cm	-	0.208	0.031
	厚度 (Cover) >4cm	-	-	-

\*  $P<0.05$ , \*\*  $P<0.01$ ,下同 the same below

表 3 是对苔藓盖度与针叶树幼苗数量的简单相关分析。从总体上看,红松幼苗数量与苔藓盖度没有显著的相关关系,而臭冷杉幼苗数量与苔藓盖度呈极显著的负相关关系,鱼鳞云杉幼苗数量同苔藓盖度呈显著的正相关关系,再以盖度 40% 作为分界值进行分析,3 种针叶树幼苗数量与苔藓盖度之间均未表现出显著的负

相关关系。但在 1 号样地 ,当苔藓厚度大于 4cm 时 ,臭冷杉的幼苗数量与苔藓盖度呈极显著的负相关关系。在 2 号样地没有发现各树种幼苗数量与苔藓盖度之间有显著的相关关系。

表 3 苔藓层盖度与其林冠层针叶树幼苗数量的相关关系

样地 Sample	条件 Condition	树种 Species		
		红松	臭冷杉	鱼鳞云杉
		<i>Pinus koraiensis</i>	<i>Abies mephrolepis</i>	<i>Picea jezoensis</i> var. <i>komarovii</i>
1 号样地 Site 1	总体 Total	-0.193	-0.371 **	0.285 *
	盖度 Cover≤40%	-0.159	-0.147	-0.123
	盖度 Cover > 40%	-0.227	-0.243	-0.045
	厚度 Cover≤4cm	0.126	0.142	0.130
	厚度 Cover > 4cm	-0.266	-0.500 **	0.301
2 号样地 Site 2	总体 Total	-	0.204	-0.223
	盖度 Cover≤40%	-	0.178	-0.236
	盖度 Cover > 40%	-	0.486	-0.064
	厚度 Cover≤4cm	-	0.227	-0.221
	厚度 Cover > 4cm	-	0.000	-0.263

2.1.2 苔藓植物群落特征与亚乔木幼苗数量的关系

亚乔木是森林群落的重要组成部分 ,它对维持森林的生物多样性和稳定性有重要意义。对主要亚乔木树种幼苗数量与苔藓层厚度之间进行简单相关分析 (表 4 ) ,结果表明 ,青楷槭的幼苗数量与苔藓层厚度有极显著的负相关关系 ,在苔藓盖度小于 40% 时 ,这种负相关性仍表现为极显著 ,在苔藓盖度大于 40% 时也表现为负相关 ,但显著性略低 ( $p = 0.134$  )。在 1 号样地 ,当苔藓层盖度超过 40% 或厚度大于 4cm 时 ,花楷槭的幼苗数量和苔藓层厚度呈极显著的负相关 ,但当苔藓层厚度小于 4cm 时 ,其数量则同苔藓层厚度呈显著正相关 ,这说明一定厚度的苔藓层可能对花楷槭的出苗有利 ,而在 2 号样地 ,花楷槭的幼苗数量与苔藓厚度没有表现出显著的相关关系。在 2 号样地 ,当苔藓层厚度小于 4cm 时 ,花楸的幼苗数量与苔藓层厚度有显著的正相关关系。

表 4 苔藓层厚度与其林冠层亚乔木幼苗数量的相关关系

样地 Sample	条件 Condition	树种 Species		
		青楷槭	花楷槭	花楸
		<i>Acer tegmentosum</i>	<i>Acer ukurunduense</i>	<i>Sorbus pohuashanensis</i>
1 号样地 Site 1	总体 Total	-0.508 **	-0.259	-
	盖度 Cover≤40%	-0.578 **	0.203	-
	盖度 Cover > 40%	-0.302	-0.502 **	-
	厚度 Cover≤4cm	-0.156	0.577 *	-
	厚度 Cover > 4cm	-0.311	-0.612 **	-
2 号样地 Site 2	总体 Total	-	-0.064	0.142
	盖度 Cover≤40%	-	-0.073	0.178
	盖度 Cover > 40%	-	0.085	-0.077
	厚度 Cover≤4cm	-	-0.022	-0.399 *
	厚度 Cover > 4cm	-	-	-

表 5 是亚乔木树种幼苗数量与苔藓盖度之间简单相关分析的结果。分析表明 ,青楷槭的幼苗数量同苔藓盖度之间没有显著的相关关系。在 1 号样地 ,花楷槭幼苗数量同苔藓层盖度呈显著负相关 ,当苔藓层厚度超过 4cm 时 ,这种负相关性表现为极显著 ,在 2 号样地 ,花楷槭的幼苗数量在苔藓层厚度超过 4cm 时和苔藓层

盖度的相关系数较大,但未达到显著水平( $p=0.116$ )。在2号样地,花楸的幼苗数量和苔藓层盖度呈显著正相关关系,当苔藓厚度小于4cm时,这种正相关仍表现为显著,结合苔藓层厚度对花楸影响的分析,可以看出苔藓植物在厚度较小的情况下对花楸的生长是有利的。

表 5 苔藓层盖度与其林冠层亚乔木幼苗数量的相关关系

样地 Sample	条件 Condition	树种 Species		
		青楷槭	花楷槭	花楸
		<i>Acer tegmentosum</i>	<i>Acer ukurunduense</i>	<i>Sorbus pohuashanensis</i>
1 号样地 Site 1	总体 Total	-0.098	-0.300 *	-
	盖度 Cover≤40%	0.108	-0.205	-
	盖度 Cover>40%	0.150	0.088	-
	厚度 Cover≤4cm	0.026	0.366	-
	厚度 Cover>4cm	0.109	-0.516 **	-
2 号样地 Site 2	总体 Total	-	-0.003	0.317 *
	盖度 Cover≤40%	-	-0.052	0.284
	盖度 Cover>40%	-	0.266	0.280
	厚度 Cover≤4cm	-	0.026	0.330 *
	厚度 Cover>4cm	-	-0.784	0.196

2.2 针叶树幼苗高度与其周围苔藓植物群落特征的关系

通过分析不同年龄的针叶树幼苗高度与其周围 20cm×20cm 区域内苔藓层盖度及厚度的关系(见表6)发现,在1号样地,1~2年生红松幼苗的高度同其周围的苔藓盖度呈显著的正相关关系,但其周围苔藓平均盖度只是1号样地平均盖度的一半。在1号和2号样地中,臭冷杉幼苗的树高与苔藓盖度、厚度均没有显著的相关关系。在2号样地,1年生鱼鳞云杉幼苗明显多于1号样地,且1年生幼苗约有89%生长在倒木上,并且其生长的倒木上苔藓盖度和厚度极低,分析表明鱼鳞云杉幼苗高度与苔藓层盖度呈极显著的正相关,与苔藓层厚度呈显著正相关。由此可见,幼苗高度可能受到苔藓层的盖度、厚度的影响。苔藓盖度大,藓层较厚对幼苗的高生长是不利的。但对不同树种产生影响的盖度范围和厚度范围又有所不同,种子的大小可能是决定因素之一。红松是大种子植物,在苔藓盖度达到近30%,厚度达到4cm时,苔藓对其生长仍起到有利的作用,可能会提供较多的营养和水分,并且由于胚根较长,不会由于根部不能到达土壤而死亡。而臭冷杉和鱼鳞云杉的种子较小,在盖度小,厚度薄时,苔藓层可能对幼苗生长起到积极作用,当二者周围的苔藓盖度超过10%,厚度超过4cm后,其幼苗的高生长和苔藓的盖度、厚度基本呈负相关关系。

3 结果与讨论

种子萌发和幼苗存活是决定许多植物群落结构的关键性因素<sup>[6]</sup>。在北方森林和亚高山针叶林更新机制的研究中苔藓植物的功能不可忽视。林木更新是一个重要的复杂的生态学过程,它受到非生物和生物因素的多方面的影响,而对于苔藓植物在森林更新中的作用一直没有得到足够的重视。通过本文的分析可以发现,不同生境下苔藓植物对林木更新的影响是不同的。1号样地的苔藓盖度、厚度、幼苗数量均远大于2号样地,苔藓盖度、厚度与幼苗数量的相关关系分析也证明1号样地苔藓群落特征对幼苗数量的影响远大于2号样地。当然,这种影响对于苔藓植物来说不是简单的有无或大小,在不同的条件下,针对不同的树种,其对幼苗数量和幼苗生长的影响是不同的。

不同树种幼苗数量对苔藓群落特征的响应是不同的。红松天然更新的过程很缓慢<sup>[7]</sup>,影响其发生发展的林分因子非常的复杂。有研究表明红松在15~20a以前较耐强庇荫,随后需光量增加<sup>[8]</sup>。表2和表3的结果表明,总体上苔藓盖度和厚度对红松幼苗数量的影响不大。但是当苔藓盖度超过40%后,苔藓层厚度即表现出对红松幼苗数量的抑制作用。这是否可以用于说明红松幼苗的耐荫程度还有待深入探讨,因为除了要

表 6 不同年龄针叶树幼苗高度与其周围苔藓群落特征的相关关系

Table 6 Correlation between heights of different age coniferous seedling and characteristics of moss community around them									
样地 Sample	树种名 Species	树龄 Tree age (a )	幼苗株数 Nmubers of seedlings (No. /hm <sup>2</sup> )	平均苗高 Mean height (cm )	平均苔 藓盖度 Mean of moss cover (% )	平均苔 藓厚度 Mean of moss depth (cm )	相关系数 Correlation coefficient		生于倒木 的比例 Per. on the snag (% )
							树高与苔藓 盖度之间 Between height and moss cover	树高与苔藓 厚度之间 Between height and moss depth	
1 号样地 Site 1	红松 <i>Pinus</i>	1 - 2	200	12. 28	27. 58	4. 04	0. 374 *	0. 123	-
	<i>koraiensis</i>	3 - 4	45	20. 89	11. 44	2. 74	-0. 164	0. 251	-
	臭松 <i>Abies</i>	1 - 2	55	10. 55	1. 09	3. 36	0. 104	0. 486	-
	<i>nephrolepis</i>	3 - 4	30	14. 17	10. 00	4. 50	-0. 19	-0. 722	-
	鱼鳞云杉 <i>Picea jezoensis</i>	1 - 2	45	9. 56	32. 00	1. 14	-0. 029	-0. 359	78
2 号样地 Site 2	var. <i>komarovii</i>	3 - 5	35	17. 86	50. 71	6. 14	-0. 500	-0. 610	20
	臭松 <i>Abies</i>	1 - 2	65	8. 50	20. 85	2. 11	-0. 199	0. 419	24
	<i>nephrolepis</i>	3 - 4	35	14. 57	15. 14	1. 86	-0. 700	0. 390	33
	鱼鳞云杉 <i>Picea jezoensis</i>	1	185	1. 41	0. 32	0. 08	0. 499 **	0. 713 *	89
	var. <i>komarovii</i>	3 - 5	30	19. 17	47. 00	2. 30	0. 33	0. 073	21

考虑苔藓植物群落特征本身对林木更新的影响之外 ,还应该联系立地条件的差异、种子及幼苗自身特性、化感作用、菌类的影响等诸多因素。对于臭冷杉和花楷槭幼苗来说 ,苔藓盖度、厚度对其数量均有显著的不利影响 ,尤其是在苔藓盖度大于 40%、厚度大于 4cm 的情况下。种子大小的差异可能是苔藓厚度抑制臭冷杉和花楷槭幼苗数量原因之一 ,因为在苔藓厚度较大的情况下 ,大种子植物可能还有足够长的胚根刺入潮湿的苔藓层及腐殖质层 ,而小种子植物很可能在根系未到达土壤之前就已经因干旱或窒息而死亡。表 4、表 5 的结果表明 ,在苔藓厚度小于 4cm 时苔藓层对小种子植物花楷槭和花楸的出苗才比较有利。鱼鳞云杉的情况有些特殊 ,在调查中发现其幼苗很多生长在倒木上 ,倒木上苔藓群落的盖度和厚度与倒木的腐烂程度有关 ,再加上倒木质地松软、营养丰富 ,倒木-苔藓-幼苗三者之间的关系比较复杂 ,因此对于倒木上苔藓群落特征与林木更新的关系仍需进一步深入调查研究。

References :

[1 ] Sugita H ,Nagaike T. Microsites for seedling establishment of subalpine conifers in a forest with moss-type undergrowth on Mt. Fuji , central Honshu , Japan. Ecological Research ,2005 ,20 :678 - 685.

[2 ] Cross J R. The establishment of Rhododendron ponticum in Killarney oakwoods ,S. W. Ireland. Ecology ,1981 ,69 :807 - 824.

[3 ] Nakamura T. Effect of bryophytes on survival of conifer seedlings in subalpine forests of central Japan. Ecological . Research ,1992 ,7 :155 - 162.

[4 ] Parker W C ,Watson S R ,Cairns D W. The role of hair-cap mosses (*Polytrichum* spp. ) in natural regeneration of white spruce (*Picea glauca* (Moench ) Voss ). Forest Ecology and Management ,1997 ,92 :19 - 28.

[5 ] Sedia E G ,Ehrenfeld J G. Lichens and mosses promote alternate stable plant communities in the New Jersey Pinelands. Oikos ,2003 ,100 :447 - 459.

[6 ] Sohlberg E H ,Bliss L C. Microscale pattern of vascular plant distribution in two high arctic plant communities. Canadian Journal of Botany ,1984 ,62 :2033 - 2042.

[7 ] Keizer P J ,van Tooren B F ,During H J. Effects of bryophytes on seedling emergence and establishment of short-lived forbs in chalk grassland. Journal of Ecology ,1985 ,73 :493 - 504.

[8 ] Reader R J. Control of seedling emergence by ground cover and seed predation in relation to seed size for some old-field species. Journal of

Ecology ,1993 ,81 :169 – 175.

[ 9 ] Zackrisson O , Nilsson MC , Dahlberg A , J derlund A. Interference mechanisms in conifer- Ericaceae-feathermoss. Oikos ,1997 ,78 :209 – 220.

[10 ] Zamfir M. Effects of bryophytes and lichens on seedling emergence of alvar plants :evidence from greenhouse experiments. Oikos ,2000 ,88 :603 – 611.

[11 ] Chi Z W ,Zhang F S ,Li X Y. The primary study on water-heat conditions of forest ecosystem on northern slope of Changbai Mountain. In :Research station of Changbai mountain forest ecosystems ,Chinese academy of sciences ed. Research of Forest Ecosystem ,1981 ,2 :167 – 178.

[12 ] Gao Q ,Cao T. A preliminary study on bryophytes of Changbai Mountain. In :Research station of Changbai mountain forest ecosystems ,Chinese academy of sciences ed. Research of Forest Ecosystem. Beijing :China Forestry Press ,1983 ,3 :82 – 118.

[13 ] Zou C J ,Wang Q L , Han S J. Study on competition relationship between dicators in dark conifer forest in the Changbai Mountain. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology ,2001 ,7 ( 2 ) :101 – 105.

[14 ] Wang Z ,Xu Z B ,Li X , *et al.* The main forest types and their features of community structure in nother slope of Changbai Mountain ( I ). In : Research station of Changbai mountain forest ecosystems ,Chinese academy of sciences ed. Research of Forest Ecosystem ,1980 ,1 :25 – 42.

[15 ] Li W H ,Deng K M ,Shao B , *et al.* Studies on the community characteristics of dark conifer forest of Changbai Mountain. In :Research station of Changbai mountain forest ecosystems ,Chinese academy of sciences ed. Research of Forest Ecosystem. Beijing : Knowledge Press ,1994. 7 :1 – 15.

[16 ] Zhang J T. Quantitative vegetation ecology method. Beijing :China Science and Technology Press ,1995. 10 – 25.

[17 ] Korean pine forest. Institute of forestry and soil ,Chinese Academy of Sciences ed. Beijing :Agriculture Press ,1980. 248 – 293.

[18 ] Li X R ,Wang Y H ,Zhou X F ,Chen D K. The comparision studies between the quantitative and qualitative methods on the natural regeneration of broadleaved-korean pine forest. Journal of Northeast Forestry University ,1988 ,16 ( 2 ) :11 – 16.

参考文献：

[1 ] 迟振文,张凤山,李晓晏. 长白山北坡森林生态系统水热状况初探. 见：中国科学院长白山森林生态系统定位站编. 森林生态系统研究. 1981. 第二卷 :167 ~ 178.

[2 ] 高谦,曹同. 长白山苔藓植物的初步研究. 见：中国科学院长白山森林生态系统定位站编. 森林生态系统研究. 北京：中国林业出版社，1983. 第三卷 :82 ~ 118.

[3 ] 邹春静,王庆礼,韩士杰. 长白山暗针叶林建群种竞争关系的研究. 应用与环境生物学报,2001,7(2):101~105.

[4 ] 王战,徐振邦,李昕,等. 长白山北坡主要森林类型及其群落结构特点(之一). 见：中国科学院长白山森林生态系统定位站编. 森林生态系统研究,1980,1:25~42.

[5 ] 李文华,邓坤枚,邵彬,等. 长白山暗针叶林的基本特征及群落结构的研究. 见：中国科学院长白山森林生态系统定位站编. 森林生态系统,1994,7:1~15.

[6 ] 张金屯. 植被数量生态学方法. 北京 科学出版社,1995. 10~25.

[7 ] 红松林. 中国科学院林业土壤研究所编. 北京：农业出版社,1980. 248~293.

[8 ] 李茹秀,王义弘,周晓峰,陈大珂. 红松阔叶林天然更新定性与定量研究. 东北林业大学学报,1988,16(2):11~16.