

文章编号: 1001-1498(2008)03-0289-06

长白山次生杨桦林采伐林隙乔灌木幼苗更新比较研究

宋新章^{1,2}, 张智婷³, 肖文发^{2*} 黄志霖², 刘晓昕⁴

(1. 浙江林学院国际空间生态与生态系统生态研究中心, 浙江 杭州 311300; 2. 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 国家林业局森林生态环境重点实验室, 北京 100091; 3. 河北农业大学林学院, 河北 保定 071001; 4. 吉林省白河林业局, 吉林 安图 133613)

摘要: 从林隙大小和林隙年龄 2 个方面初步研究了杨桦次生林经营采伐形成的林隙及其更新特征。结果表明: 冠林隙面积 < 50 m² 占 7%, 50 ~ 100 m² 占 21%, 100 ~ 150 m² 占 36%, 150 ~ 200 m² 占 29%, > 200 m² 占 7%。28.6% 的林隙呈圆形, 71.4% 的林隙呈椭圆形。椭圆形林隙中 55% 为南北方向, 30% 为东北西南方向, 15% 为东南西北方向。林隙一般由 7 ~ 10 株山杨、白桦或山槐被伐后形成。林隙内更新幼苗的密度和生长状况优于非林隙林分。在林隙形成初期, 灌木幼苗在林隙更新中占绝对优势, 但随着林隙形成年龄的增加, 灌木将逐渐丧失其优势, 乔木的优势则逐渐上升。除 50 ~ 100 m² 林隙外, 乔木幼苗的平均高和平均基径均大于灌木, 但都在 100 ~ 200 m² 林隙内最大。各大小级林隙内更新的主要乔木中阳性树种占大多数, 但优势种各不相同。

关键词: 采伐林隙; 更新; 次生林; 长白山

中图分类号: S754 **文献标识码:** A

Study on Seedling Regeneration of Arbor and Shrub in Logging Gaps in *Populus davidiana*-*Betula platyphylla* Secondary Forests in Changbai Mountain

SONG Xin-zhang^{1,2}, ZHANG Zhi-ting³, XIAO Wen-fa², HUANG Zhi-lin², LIU Xiao-xin⁴

(1. International Research Center of Spatial Ecology and Ecosystem Ecology, Zhejiang Forestry University, Hangzhou 311300, Zhejiang, China; 2. Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, CAF; Key Laboratory of Forest Ecology and Environment, State Forestry Administration, Beijing 100091, China; 3. College of Forestry, Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, Hebei, China; 4. Baihe Forestry Bureau of Jilin Province, Antu 133613, Jilin, China)

Abstract: Regeneration in relation to logging gaps sizes and ages was investigated in *Populus davidiana*-*Betula platyphylla* secondary forests in Changbai Mountain. The research result showed that there were 7% (canopy gaps area < 50 m²), 21% (50 - 100 m²), 36% (100 - 150 m²), 29% (150 - 200 m²), 7% (> 200 m²) in the proportion of gap sizes. 28.6% of gaps shape were rotundity and 71.4% were oval. 55% of the oval gaps lay in N-S direction, 30% lay in N-E to S-W direction and 15% lay in S-E to N-W direction. Gaps were usually formed after 7 - 10 trees logged which were mainly composed of *Populus davidiana*, *Betula platyphylla* and *Maackia amurensis*. The seedlings was absolutely dominated by the shrub at the initial stage of logging gaps, but the dominance of the shrub seedlings would weaken step by step. At the same time, the advantage of arbor seedlings would raise correspondingly with the increasing gaps age. The density, mean high and mean basilar diameter of seedlings growing in the logging gaps were higher than those in non-gap. The growth of seedlings was the best in 100 - 200 m² gaps and arbor seedlings surpassed shrub seedlings in gaps except 50 - 100 m² gaps. The dominance species mainly composed of intolerant species were different in gaps of different sizes.

收稿日期: 2006-10-10

基金项目: 国家“十五”科技攻关计划(2004BA510B05)

作者简介: 宋新章(1977—),男,山东菏泽人,博士,主要从事森林生态、恢复生态学等研究。Email: xzsong@126.com

*通讯作者。

Key words: logging gap; regeneration; secondary forests; Changbai Mountain

林隙作为一种经常发生的小规模的干扰,对植被的正常更新具有重要作用,是森林循环更新的一个重要阶段。近年来的森林动态学研究表明,林隙在森林的结构、动态和多样性维持中起着重要作用,已成为当前森林生态学研究的最活跃领域之一^[1-4]。目前国内外关于林隙与更新的研究大多集中于天然林受到自然干扰(如火灾、风倒、树倒)后形成的林隙及其更新,而对人为干扰(如经营采伐)造成的林隙(logging gap)及其更新则研究较少^[5-6]。间伐产生的林隙一般是小尺度和短暂的^[7],但小尺度干扰对森林结构的发展、对林地状况如光、土壤含水量、凋落物分解等起到了关键性作用^[8-9],其重要性已成为全球森林动态和天然更新研究中的共同论题^[10-13]。次生林是我国森林资源的主体,次生林经营问题是我国林业发展中最重要的主题之一。但由于各种因素的制约,多年来次生林林隙更新尤其是采伐林隙更新一直没有受到人们的注意。本文对长白山杨桦次生林采伐林隙内的更新状况进行了初步研究,旨在探讨次生林可持续经营的合理途径。

1 研究地点自然概况

调查样地设在白河林业局宝马林场杨桦次生林经营采伐迹地。地理位置为 42°28' N, 128°02' E, 属温带季风影响下的大陆性季风气候,年平均气温 7.3~4.9℃,年降水量 600~900 mm,全年日照时数为 2 271~2 503 h,全年无霜期 109~141 d。海拔 700 m,坡度 1°~5°,为比较平缓的平地与较浅的沟谷相交错的地形。土壤为火山灰形成的典型暗棕壤,土层厚达 100 cm 以上。林龄 50 a,属中龄林,林分密度为 556 株·hm⁻²,林分蓄积为 110 m³·hm⁻²,平均直径 16 cm,平均树高 15 m,郁闭度 0.6。主要树种有山杨(*Populus davidiana* Dode)、白桦(*Betula platyphylla* Suk)、色木槭(*Acer mono* Maxim.)、胡桃楸(*Juglans mandshurica* Maxim.)、山荆子(*Malus baccata* (L.) Borkh.)、椴木(*Tilia amurensis* Rupr.)、水曲柳(*Fraxinus mandshurica* Rupr.)、山槐(*Maackia amurensis* Rupr. et Maxim.)、蒙古栎(*Quercus mongolica* Fish. ex Turcz.)和春榆(*Ulmus japonica* (Rehd.) Sarg.)等,主要下木有忍冬(*Lonicera nurechiana* Regel)、暴马丁香(*Syringa reticulata* (BL.) Hara var. *amurensis* (Rupr.) Pringle)、卫矛(*Euonymus alatus* (Thunb.) Sieb.)、榛子(*Corylus heterophyll-*

la Fisch. ex Bess.)等。主要地被物为莎草(*Cyperus orthostachyus* Franch. et Sav.),盖度 30%,分布均匀。采伐方式为择伐,采伐强度 25%,择伐后形成了大小不一的林隙,采伐年度分别为 2002 年和 1996 年。

2 研究方法

2.1 调查方法

调查于 2005 年 7 月进行。对林内明显的采伐林隙,调查冠林隙(CG)和扩展林隙(EG)的长和宽、形状、年龄、方向,记录林隙内伐根的数量和种类,记录林隙边缘立木的种类、树高、胸径、年龄等。在每个扩展林隙内设 9 个 2 m × 2 m 研究样方,第一个样方设在林隙中心(用 CC 表示,下同),其余 8 个分别沿长短轴方向设在距离扩展林隙边缘的一半处和扩展林隙边缘处(分别用 NN、SS、EE、WW 表示林隙北部、南部、东部和西部边缘的样方,用 CN、CS、CE、CW 表示林隙中心至林隙北、南、东、西缘一半处的样方,下同)。具体样方设置如图 1 所示(以椭圆形为例)。在每个样方内调查树高小于 1.5 m 的更新幼苗和树高大于 1.5 m 但 DBH < 4 cm 的更新幼树的种类、数量、年龄、树高、基径等。在距林隙边缘 10 m 处的非林隙林分中设 1 个 10 m × 10 m 的对照样地(林隙间相距较近时,则共用一个对对照样地),调查样地内立木的种类、年龄、树高、胸径等,在每个对照样地内沿对角线方向机械设置 9 个 2 m × 2 m 的小样方,记录更新幼苗、幼树的种类、数量、年龄、高度、胸径或基径等。用 LA F2000 冠层分析仪观测各小样方内更新幼苗的叶面积指数,用 9 个样方叶面积指数的平均值做为该林隙或对照地更新幼苗的叶面积指数进行分析。

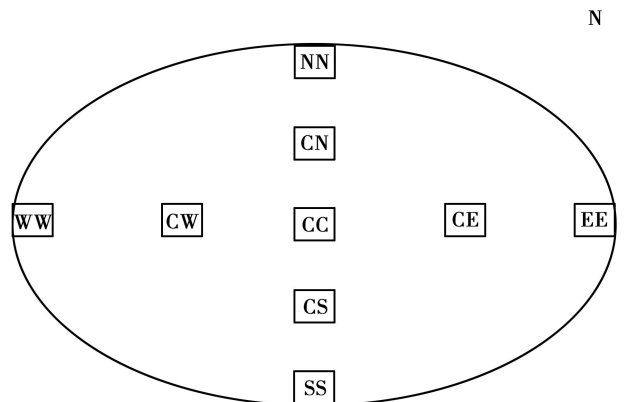


图 1 样方设置示意图

2.2 数据处理

2.2.1 林隙面积计算 因冠林隙更能准确反映对林隙内微生境及更新的影响,故本文采用冠林隙进行计算分析。所调查林隙大多呈椭圆形,因此采用常用的椭圆形面积计算公式^[14]:

$$A = LW / 4$$

式中:A为林隙面积,单位为 m²;L为冠林隙长度,W为冠林隙宽度(与林隙长度相垂直的最大直径),单位为 m。

2.2.2 更新幼苗重要值的计算 用重要值来表示主要乔木树种在更新群落中的地位和作用。然后将不同等级内所有林隙的多样性指数及各树种重要值分别加权平均,得到各大小级林隙内的多样性指数和各树种重要值,以此进行对照与分析。因所调查幼苗多数在 1.5 m 以下,故用幼苗基径处的断面积计算幼苗的相对显著度。计算公式如下^[15-16]:

重要值 (I.V.) = (相对密度 + 相对频度 + 相对显著度) / 3

$$\text{相对密度} = \frac{\text{样地内某一物种的个体数}}{\text{样地内全部物种的个体数}} \times 100$$

$$\text{频度} = \frac{\text{该种植物出现的样方数}}{\text{所调查的样方总数}} \times 100$$

$$\text{相对频度} = \frac{\text{某一物种的频度}}{\text{所有种的频度总和}} \times 100$$

$$\text{相对显著度} = \frac{\text{某种的基径断面积之和}}{\text{所有种个体基径断面积的总和}} \times 100$$

3 结果与分析

3.1 采伐林隙的基本特征

共调查采伐林隙 28 个和对照样地 15 个。采伐林隙的基本特征见表 1。根据林隙面积的大小,以 50 m²为一级,分为 5 个大小级,由表 1 可见采伐林隙的面积以 50 ~ 200 m²居多。根据采伐林隙形成年限分为 3 a 和 9 a 两个年龄段(简称 3 龄林隙和 9 龄林隙,下同),其中 3 龄林隙占 64.3%,9 龄林隙占 35.7%。28.6%的林隙呈圆形,71.4%的林隙呈椭圆形。若以长轴表示林隙方向,则椭圆形林隙中 55%为南北方向,30%为东北西南方向,15%为东南西北方向。冠林隙(CG)的长轴平均为 15.97(±5.98) m,短轴平均为 8.66(±3.82) m,长/短轴的比例平均为 1.92;扩展林隙(EG)的长轴平均为 23.71(±4.07) m,短轴平均为 14.66 m(±3.62) m,长/短轴的比例平均为 1.67。由此可见,长轴与短轴的比例变化较大,说明椭圆的曲率随林隙大小的变化有明显的变化。林隙一般由 7 ~ 10 株采伐木形成,采伐木主要由山杨、白桦和山槐组成,这可能与这些树种生长迅速,比其他树种较早成材而易遭到砍伐有关。

表 1 杨桦次生林采伐林隙的基本特征

| 项目 | 林隙大小 | | | | | 林隙年龄 | | 林隙形状 | | 林隙方向 | | |
|--------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|-------|-------|
| | 2 | 6 | 10 | 8 | 2 | 3 a | 9 a | 圆形 | 椭圆 | S-N | NE-SW | SE-NW |
| 个数 | 2 | 6 | 10 | 8 | 2 | 18 | 10 | 8 | 20 | 11 | 6 | 3 |
| 比例 / % | 7.1 | 21.4 | 35.7 | 28.6 | 7.1 | 64.3 | 35.7 | 28.6 | 71.4 | 55 | 30 | 15 |

注: : <50 m², : 50 ~ 100 m², : 100 ~ 150 m², : 150 ~ 200 m², : >200 m²; S-N:南北方向,NE-SW:东北西南方向,SE-NW:东南西北方向。

3.2 林隙大小对更新的影响

3.2.1 林隙大小对更新幼苗生长的影响 表 2 看出,除在小林隙内 (<50 m²) 乔木幼苗的重要值高于灌木外,在非林隙林分 and 较大林隙 (>50 m²) 内,灌木的更新优势都远高于乔木。这主要是由于林隙内

外灌木的更新密度远高于乔木造成的,尤其在 50 ~ 200 m²大小的林隙内表现的更加突出。出现这种现象的可能原因是:与非林隙林分相比,小规模采伐干扰 (<50 m²) 使更新环境略有改善,资源有效性得到明显提高,促进了乔木的大量繁殖更新,灌木的更

表 2 3 龄不同大小级林隙对更新幼苗生长的影响

| 项目 | 树种 | 林隙大小 | | | | | 林隙 |
|-------------------------------|----|--------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------|-------|
| | | <50 m ² | 50 ~ 100 m ² | 100 ~ 150 m ² | 150 ~ 200 m ² | >200 m ² | |
| 重要值 | 乔木 | 56.08 | 21.35 | 23.42 | 29.67 | 33.57 | 48.12 |
| | 灌木 | 43.92 | 78.65 | 76.58 | 70.33 | 66.43 | 51.88 |
| 个体密度 / (株 · m ⁻²) | 乔木 | 0.67 | 0.62 | 0.61 | 0.61 | 0.14 | 0.45 |
| | 灌木 | 0.83 | 2.42 | 2.36 | 2.21 | 0.36 | 0.87 |
| 平均高 / m | 乔木 | 0.99 | 0.59 | 1.3 | 1.23 | 1.15 | 0.94 |
| | 灌木 | 0.75 | 0.79 | 1.25 | 0.99 | 0.84 | 0.81 |
| 平均基径 / cm | 乔木 | 0.94 | 0.54 | 1.31 | 1.04 | 0.79 | 0.95 |
| | 灌木 | 0.65 | 0.77 | 0.95 | 0.84 | 0.75 | 0.69 |

新略有下降,从而使乔木树种在更新中占主导地位。但当采伐干扰加大时($>50\text{ m}^2$),随着进入林隙光照的迅速增加,使林隙内的环境和资源发生巨大改变,灌木幼苗的数量急剧增加,乔木树种则不能适应这种突然变化,更新个体数量减少,因而在较大林隙的更新中丧失其优势地位。从生长状况来看,除在 $50\sim 100\text{ m}^2$ 的林隙内乔木的平均高和平均基径小于灌木外,其他林隙和非林隙林分中乔木均大于灌木。而且,乔、灌木幼苗的平均高和平均基径在 $100\sim 200\text{ m}^2$ 林隙内最大。总起来看, $0\sim 100\text{ m}^2$ 大小的林隙内更新幼苗的平均高和平均基径较低,而 $>200\text{ m}^2$ 林隙中更新幼苗的密度太低,只有 $100\sim 200\text{ m}^2$ 大小的林隙内更新状况良好。

3.2.2 主要乔木树种对林隙大小的更新反应 表 3 可以看出,林隙内更新的主要树种中除山槐和花

楸(*Sorbus pohnashanensis* (Hance) Hedl)是耐阴树种外,其余均为阳性树种,这与采伐干扰增加了林隙内的光照水平密切相关。色木槭、胡桃楸、山槐的重要值随林隙大小呈双峰型变化,山荆、花楸与蒙古栎则呈单峰型变化,珍贵硬阔水曲柳的变化规律不明显。总起来看,色木槭、椴木和山槐在林隙内外都处于优势地位,尤其是色木槭占有较大优势。不同大小级林隙中占优势地位的更新树种也不尽相同,在 $<50\text{ m}^2$ 林隙中色木槭和胡桃楸占优势, $50\sim 100\text{ m}^2$ 林隙中山荆和蒙古栎占优势, $100\sim 150\text{ m}^2$ 林隙中色木槭和水曲柳占优势, $150\sim 200\text{ m}^2$ 林隙中山槐和色木槭占优势, $>200\text{ m}^2$ 林隙中椴木和色木槭占优势,说明各树种对不同大小林隙的侵占或利用力存在差异,致使其在林隙中的综合优势度明显不同。

表 3 主要乔木树种在 3 龄不同大小级林隙内的重要值

| 树种 | 林隙大小 | | | | | 非林隙 |
|-----|------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|-------|
| | $<50\text{ m}^2$ | $50\sim 100\text{ m}^2$ | $100\sim 150\text{ m}^2$ | $150\sim 200\text{ m}^2$ | $>200\text{ m}^2$ | |
| 色木槭 | 33.72 | 3.2 | 15.08 | 16.54 | 13.62 | 28.43 |
| 山荆 | 0.37 | 23.58 | 8.26 | 7.03 | 8.23 | 6.43 |
| 水曲柳 | 8.51 | - | 11.87 | 4.75 | 10.9 | 4.44 |
| 椴木 | 6.25 | 11.65 | 10.58 | - | 26.74 | 25.27 |
| 胡桃楸 | 13.79 | 9.43 | - | 12.26 | - | - |
| 花楸 | 0.75 | - | 7.94 | 9.36 | - | - |
| 山槐 | 10.47 | 3.29 | 8.62 | 24.17 | 9.12 | 12.19 |
| 蒙古栎 | - | 16.74 | 9.43 | 0.72 | - | 5.82 |

注:“-”表示树种没出现,下同。

表 4 林隙形成年限对更新幼苗生长的影响

| 项目 | 树种 | 林隙形成年限 | | 非林隙 |
|----------------------------|----|--------|-------|-------|
| | | 3 a | 9 a | |
| 重要值 | 乔木 | 33.43 | 36.39 | 51.48 |
| | 灌木 | 66.37 | 63.17 | 48.52 |
| 个体密度/(株· m^{-2}) | 乔木 | 0.58 | 1.03 | 0.47 |
| | 灌木 | 2.08 | 2.53 | 0.89 |
| 平均高/m | 乔木 | 1.10 | 1.73 | 0.94 |
| | 灌木 | 0.94 | 1.51 | 0.81 |
| 平均基径/cm | 乔木 | 0.96 | 1.19 | 0.95 |
| | 灌木 | 0.79 | 1.16 | 0.69 |

3.3 不同年龄林隙对更新的影响

3.3.1 对乔灌木更新的影响 由表 4 可见,在非林隙林分中,乔木幼苗的密度虽然远低于灌木,但其基径明显大于灌木,所以乔木在更新层中略占优势。在林隙形成 3 a 后,由于灌木幼苗的急剧增加,乔木重要值降至极低。这可能是因为在林隙形成初期,由于微生境的剧烈变化,刺激了灌木的繁茂生长,灌木迅速占据了林隙内的主导地位,使乔木的综合优

势度急剧下降。在林隙形成 3~9 a 这段时间里,乔、灌木幼苗的密度、平均高和平均基径均有显著增加,且乔木幼苗的平均高和平均基径均高于灌木。同时,随着林隙年龄的增长,乔木在更新中的优势逐渐得到增强。

3.3.2 对主要乔木树种更新的影响 由表 5 可知,在林隙发育初期,随着林隙年龄增加,多数乔木树种的重要值会增加,尤其假色槭(*Acer pseudo-sieboldianum* (Pax) Kom.)和山杨的重要值显著上升,是林隙更新中的先锋种,说明这类树种较能适应采伐林隙内的生境。而山槐、胡桃楸和椴木的重要值有较大降低,表明在与其他乔木树种的竞争中处于劣势,不能适应采伐干扰带来的生境变化。对比各乔木树种在林隙内外的重要值可以看出,色木槭、椴木、水曲柳和山槐在林隙内外均占有重要地位,但相对来说更适合在非林隙林分内更新,而山荆、山杨和假色槭则更适宜在林隙内更新,花楸、胡桃楸、白牛槭(*Acer mandshuricum* Maxim.)、拧筋槭(*Acer triflorum*

Kom.), 钻天柳 (*Chosenia arbutifolia* (Pall) A. Skv.) 等只能在林隙内更新, 蒙古栎、春榆等对林隙的反应不明显。这可能与各树种的生理特性如耐荫性、繁殖力、繁殖对策以及竞争能力有关。

表 5 主要乔木树种在不同年龄林隙内的重要值

| 树种 | 林隙年龄 | | | 非林隙 |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| | 3 a | 9 a | 差值 | |
| 白牛槭 | 3.36 | - | -3.36 | - |
| 椴木 | 13.15 | 4.95 | -8.2 | 22.65 |
| 胡桃楸 | 8.35 | - | -8.35 | - |
| 花椒 | 4.5 | 11.33 | 6.83 | - |
| 山槐 | 15.12 | 6.3 | -8.82 | 10.38 |
| 假色槭 | - | 11.28 | 11.28 | 4.27 |
| 钻天柳 | - | 0.71 | 0.71 | - |
| 拧筋槭 | 4.5 | - | -4.5 | - |
| 色木槭 | 19.65 | 14.92 | -4.73 | 31.35 |
| 山荆 | 12.91 | 13.01 | 0.1 | 6.43 |
| 水曲柳 | 7.87 | 10.64 | 2.77 | 12.19 |
| 山杨 | 3.21 | 14 | 10.79 | 1.28 |
| 春榆 | 2.55 | 6.1 | 3.55 | 4.14 |
| 蒙古栎 | 4.85 | 6.8 | 1.95 | 7.31 |

3.4 更新幼苗的年龄分布

3.4.1 3 年龄林隙内幼苗的年龄分布 由图 2 可见, 除 $>200\text{ m}^2$ 的林隙外, 各大小林隙内 3 年生幼苗的个体密度和种密度最大, 这正好与林隙的形成时间相一致, 说明林隙形成后, 由于生境条件的突然剧烈变化, 对种子库中的种子产生强烈的刺激作用, 引起种子的爆发性萌生。2 年生幼苗的个体密度和种密度也占相当比例, 说明林隙的形成对幼苗萌发的刺激效应在第 2 年仍然存在, 但已大大削弱。1 年生幼苗的个体密度和种密度最小, 同非林隙林分相近, 表明随着林隙形成时间的延长, 林隙对幼苗萌发的影响逐步减弱。Jurij 对挪威云杉人工林中人工创建的林隙内的更新研究表明, 随着林隙年龄的增加, 林隙内每年新更新幼苗的数量逐年减少^[17], 本研究结果与其是基本一致的。4 年生幼苗的个体密度也占有一定比例, 特别是种密度尤为明显, 表明各树种的期前更新幼苗在林隙形成后仍有一定的存活率。

3.4.2 9 年龄林隙内幼苗的年龄分布 由图 3 可见, 在 $<50\text{ m}^2$ 和 $150\sim 200\text{ m}^2$ 大小林隙内, 1~5 年生的幼苗占多数, 5 年龄以上的幼苗很少, 说明该大小林隙内幼苗的存活率较低, 不利于幼苗更新。50~150 m^2 林隙内, 呈现出幼苗年龄越大, 个体数量越多的趋势, 同样表明随着林隙形成时间的延长, 林隙对幼苗萌发的促进效应逐步减弱。种密度在 5~6 年生的幼苗间最大。表明幼苗在 5~6 龄时开始分化, 发生了对生存空间和养分的激烈争夺, 部分种类的幼苗因不适应林

隙环境在竞争中死去, 致使种密度下降, 在竞争中存活下来的少数树种则进一步增强了其在林隙更新中的优势。非林隙林分中也是 1~5 年生的幼苗占多数, 5 年龄以上的幼苗很少, 说明非林隙林分内幼苗的死亡率较高, 不利于更新。

综合 3 年龄林隙和 9 年龄林隙内各年龄幼苗的个体密度和种密度的分布, 可以认为, $100\sim 150\text{ m}^2$ 大小的林隙内更新幼苗的种类和数量最多, 最有利于森林更新。

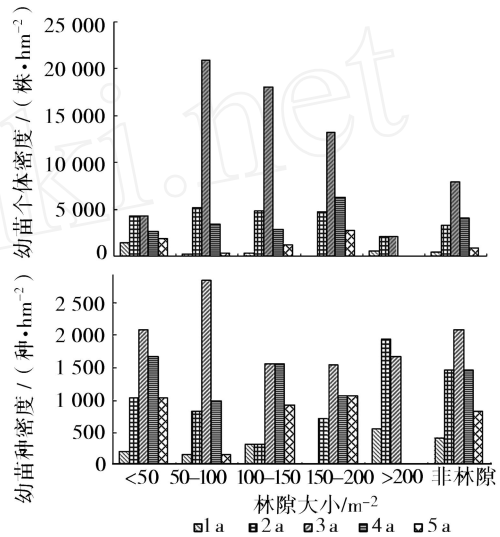


图 2 杨桦次生林 3 a 不同大小林隙内各年龄幼苗的密度

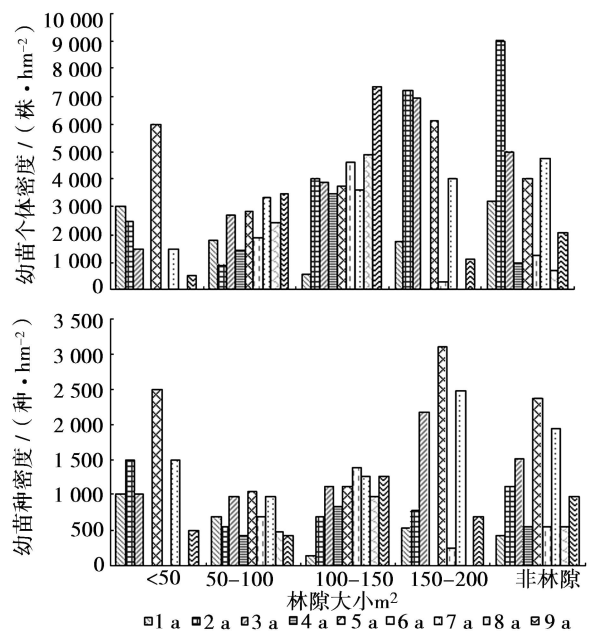


图 3 杨桦次生林 9 a 不同大小林隙内各年龄幼苗的密度

4 小结与讨论

本文从林隙大小和林隙年龄两个方面初步研究了杨桦次生林采伐林隙内的更新特征。林隙大小和年龄是在研究林隙更新时最常用到的 2 个变量,其在一定程度上反映了林隙干扰的强度,而且还是树木更新所需各种生态因子的一个综合度量指标。另外,研究适合林木更新的林隙面积的大小,对于确定次生林的合理经营采伐方式,进而推进森林资源的永续利用具有重要意义^[6]。

(1) 长白山杨桦次生林采伐林隙面积多数在 50 ~ 200 m² 之间,大部分为椭圆形,一般由 7 ~ 10 株山杨、白桦或山槐被伐后形成。

(2) 林隙内更新的乔灌木幼苗的密度、平均高和平均基径高于非林隙林分,说明采伐干扰形成的林隙有利于杨桦次生林的更新。

(3) 在林隙形成初期,虽然乔木幼苗的平均高和平均基径大于灌木,但由于灌木幼苗的密度远远高于乔木,所以灌木幼苗在林隙更新中占绝对优势,乔木的更新和生长受到强烈压制。但随着林隙形成年龄的增加,灌木将逐渐丧失其优势,乔木的优势则逐渐上升,这与臧润国等^[18]在红松 (*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.) 阔叶林和刘金福等^[19]在格氏栲 (*Castanopsis kawakamii* Hayata) 林林隙更新研究中的结果基本一致。这可能是林隙更新过程中乔木和灌木优势的演变遵从一般性原则。

(4) 100 ~ 200 m² 大小的林隙内乔、灌木幼苗的平均高和平均基径最大,种类最多,更新密度也适宜。因此,从促进林木更新和森林演替的角度考虑,可以认为 100 ~ 200 m² 大小的采伐林隙面积是杨桦次生林抚育改造的有效面积,可以考虑在该类型次生林经营过程中依此来设计采伐和抚育改造,以加快森林群落演替。

(5) 限于林场的经营条件,本研究只调查了 3 a 和 9 a 这两种年龄的采伐林隙,这对于林隙更新的研究是远远不够的,还应进行长期的定位跟踪观测研究,搞清从林隙产生到林隙填充完成的过程中各个时期林隙内的更新状态和特征。另外,本文没有涉及不同大小级和年龄林隙内的微生境差异,而这种差异对更新物种有着强烈的选择作用,对更新物种的多样性有直接影响。因此将林隙微生境的时空变异规律与各物种的响应结合起来进行系统分析是

今后应加强研究的一个重要方向。

参考文献:

- [1] Sipe T W, Bazzaz, F A. Gap partitioning among maples (*Acer*) in central new England: survival and growth[J]. *Ecology*, 1995, 76: 1587 - 1603
- [2] Runkle J R. Changes in southern appalachian canopy tree gaps sampled thrice[J]. *Ecology*, 1998, 79 (5): 1768 - 1780
- [3] 臧润国,徐化成. 林隙干扰研究进展[J]. *林业科学*, 1998, 34 (1): 90 - 98
- [4] 梁晓东,叶万辉. 林窗研究进展(综述)[J]. *热带亚热带植物学报*, 2001, 9(4): 355 - 364
- [5] 宋新章,肖文发. 林隙微生境及更新研究进展[J]. *林业科学*, 2006, 42(5): 114 - 119
- [6] 宋新章,季冬生,肖文发,等. 长白山区次生阔叶林采伐林隙更新研究[J]. *林业科学研究*, 2007, 20(3): 302 - 306
- [7] Spies T, Franklin J F. Gap characteristics and vegetation response in coniferous forests of the Pacific northwest[J]. *Ecology*, 1989, 70: 543 - 545
- [8] Lertzman K P, Sutherland G D, Inselberg A, et al. Canopy gaps and the landscape mosaic in a coastal temperate rain forest[J]. *Ecology*, 1996, 77: 1254 - 1270
- [9] Myers G P, Newton A C, Melgarejo O. The influence of canopy gap size on natural regeneration of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) in Bolivia[J]. *For Ecol Man*, 2000, 127: 119 - 128
- [10] Gray A N, Spies T A. Gap size, within-gap position and canopy structure effects on conifer seedling establishment[J]. *J Ecol*, 1996, 84: 635 - 645
- [11] McLaren B E, Janke R A. Seedbed and canopy cover effects on balsam fir seedling establishment in Isle Royal National Park[J]. *Canadian J Forest Research*, 1996, 26: 782 - 793
- [12] Jennings S B, Brown N D, Shell D. Assessing forest canopies and understory illumination: canopy closure, canopy cover and other measures[J]. *Forestry*, 1999, 72: 59 - 74
- [13] Zhu J J, Lee F Q, Matsuzaki T, et al. Effect of gap size created by thinning on seedling emergence, survival and establishment in a coastal pine forest[J]. *For Ecol Man*, 2003, 182: 339 - 354
- [14] 臧润国,安树青,陶建平,等. 海南岛热带林生物多样性维持机制[M]. 北京:科学出版社, 2004
- [15] 孙儒泳,李博,诸葛阳,等. 普通生态学[M]. 北京:高等教育出版社, 1992
- [16] 张金屯. 数量生态学[M]. 北京:科学出版社, 2004
- [17] Jurij Diaci. Regeneration dynamics in a Norway spruce plantation on a silver fir-beech forest site in the Slovenian Alps[J]. *For Ecol Man*, 2002, 161: 27 - 38
- [18] 臧润国,郭忠凌,高文韬. 长白山自然保护区阔叶红松林林隙更新的研究[J]. *应用生态学报*, 1998, 9(4): 349 - 353
- [19] 刘金福,洪伟,许忠实,等. 格氏栲林窗物种多样性动态规律的研究[J]. *林业科学*, 2003, 39(6): 159 - 164