

# 不同抚育间伐强度对兴安落叶松林分平均直径和树高生长的影响

温 晶,张秋良\*,韩胜利,边玉明,李嘉悦

(内蒙古农业大学 林学院,内蒙古 呼和浩特 010010)

**摘 要:**以内蒙古大兴安岭林区兴安落叶松天然次生林为研究对象,设置4种间伐强度(10%、20%、30%、40%和对照)的试验固定样地,探讨间伐强度对其影响。结果表明,兴安落叶松林经不同间伐强度间伐5 a后,林分的平均胸径生长量与对照样地相比都有非常明显的增加,分别比对照样地增加0.15、0.34、0.48 cm和0.63 cm,40%的间伐强度对提高林分平均胸径生长量最显著;林分的平均树高比对照也有明显的增加,平均树高生长量分别比对照增加0.01、0.02、0.20 m和0.25 m,但4个强度之间影响差异不明显;不同间伐强度对林分蓄积增长量也存在一定影响,其中30%的间伐强度处理的样地林分蓄积量最大;此外,林分株数密度越小,林木枯死率越低。抚育间伐后保留木的生长空间和营养空间得到有效改善,林分胸径和树高生长量随间伐强度增大而增加,但不同间伐强度树高生长量和蓄积量差异不显著。

**关键词:**兴安落叶松;抚育间伐;林木生长

中图分类号:S791.222

文献标志码:A

文章编号:1001-7461(2018)05-0166-04

## Effects of Different Tending Thinning Intensities on the Average Diameter and Height Growth of *Larix gmelinii* Forest

WEN Jing,ZHANG Qiu-liang\*,HAN Sheng-li,BIAN Yu-ming,LI Jia-yue

(Forestry College, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010010, China)

**Abstract:** Taking the natural secondary forest of *Larix gmelinii* in Daxing'anling mountaineous forest region of Inner Mongolia as the research object, 4 kinds of thinning intensities (10%, 20%, 30%, 40%) were set up to study the effect of thinning intensity on the forest development. The results showed that average growth DBH of stands of *L. gmelinii* forest significantly increased compared with the control (not thinning) 5 years after thinning, in which the amounts of increase of DBH under four thinning intensities were 0.15, 0.34, 0.48, and 0.63 cm, respectively. Thinning intensity 40% demonstrated the most significant increase in DBH growth of the stands. The average height of the trees also increased obviously compared with the control, and the average height growth of the trees increased 0.01, 0.02, 0.20 and 0.25 m more than the control under four thinning intensities. But the differences among the four thinning intensities were not significant. Different thinning intensities also had some effects on the volume growth, in which 30% thinning intensity had the highest accumulation. In addition, the smaller the number of plant stand density, the lower the mortality of trees. The growth and nutrition space of trees remained after tending thinning were effectively improved. The DBH of the stands and tree height growth increased with the increase of thinning intensity. However, there was no significant difference in tree height growth and accumulation under different thinning intensities.

收稿日期:2017-12-06 修回日期:2018-01-06

基金项目:国家重点研发计划(2017YFC050410302)。

作者简介:温 晶,女,在读硕士,研究方向:森林可持续经营理论与技术。E-mail:834910668@qq.com

\*通信作者:张秋良,男,博士,教授,博士生导师,研究方向:森林资源经营管理与森林生态。E-mail:18686028468@163.com

**Key words:** *Larix gmelinii*; tending thinning; tree growth

兴安落叶松是我国寒温带地带性植被,是大兴安岭森林优势种和建群种,对生态系统的稳定、保护物种多样性和森林可持续发展具有非常重要的作用和地位<sup>[1]</sup>。经过 20 世纪八九十年代采伐利用,更新的林分大多处于中幼龄林阶段,随着林木个体的增大,密度越来越大,导致林木竞争现象,竞争的结果表现明显的分化和自然稀疏现象<sup>[2]</sup>。在这种情况下,林木的生态效益以及各种生态功能受到了限制,森林质量下降,林木更新困难,森林结构与功能发生变化,形成了大面积的天然次生林,次生林的密度大,林分过度郁闭以后,完全依赖林木的自然稀疏,林木生长速度缓慢,林分结构不合理、功能低下,严重影响了林分的生长<sup>[3]</sup>。为了恢复到森林的顶级群落,以发挥其最大效益,优化林分结构、功能已成为亟待解决的问题。

抚育间伐是针对幼中龄林为了使保留木正常生长提供充足的营养空间的一种科学的经营方式<sup>[4]</sup>。通过对兴安落叶松进行不同强度的抚育间伐找出适合兴安落叶松林生长最佳的合理空间,进一步提高林分的生产力,使林木在生长周期内充分地利用光、热、水、土等自然条件<sup>[5]</sup>。已有研究表明,合理采伐强度可以提高林木的生产力、改善土壤的理化性及其微生物的变化,并且对森林生态系统的稳定、结构的调整与功能的发挥以及保护生物多样性等方面产生重大的影响作用<sup>[6-9]</sup>。不同间伐强度对单株林木和林分生长量的影响研究很多<sup>[10-16]</sup>,但多数研究的是不同地区或不同林型的树种<sup>[17-24]</sup>,以至于森林经营的效果也不尽相同,极少研究适合本地特有的树种兴安落叶松经营模式<sup>[25-26]</sup>。本研究探求兴安落叶松林木生产力的最佳的采伐强度,为以后的科学

经营森林提供理论和技术支撑。

## 1 研究区概况

试验地为内蒙古大兴安岭森林生态系统国家野外观测研究站示范样地,位于内蒙古大兴安岭北部根河林业局潮查林场境内,119°36′—125°19′E,47°3′—52°20′N。属寒温带大陆性季风气候,冬季严寒而漫长、夏季短促而湿热,昼夜温差较大,年平均气温-2.8℃,最低温度-52.3℃,无霜期 90~100 d,年降水量 500~600 mm,年日照时数约 2 630 h,海拔 800~1 100 m。大兴安岭为多年冻土带,内蒙古大兴安岭森林土壤主要以棕色针叶林土为主。以兴安落叶松(*Larix gmelinii*)为建群种,伴生树种主要为白桦(*Betula platyphylla*)和山杨(*Populus davidiana*),林下植被主要有杜香(*Ledum palustre*)、杜鹃(*Rhododendron dauricum*)、红花鹿蹄草(*Pyrola incarnata*)、越橘(*Vaccinium vitis-idaea*)、小叶樟(*Deyeuxia angustifolia*)。

## 2 研究方法

### 2.1 样地设置与调查

样地选取林龄相近、立地条件基本一致,以兴安落叶松中龄林为对象,按株数密度进行间伐。设置 4 个间伐强度为 10%、20%、30%、40% 和 1 个对照水平处理的样地,初次调查和间伐时间为 2012 年,间伐后再次对标准地进行每木检尺,5 a 后(2017 年)进行复查,测定胸径和树高等因子,样地基本情况见表 1。

### 2.2 数据分析

采用 Excel 软件进行数据处理和分析。

表 1 样地基本情况

Table 1 Basic situations of sample plots

采伐强度 /%	林型	面积/m <sup>2</sup>	龄组	林龄/a	郁闭度	坡向	平均胸径 /cm	平均树高 /m	树种组成	林分密度 /(株·hm <sup>-2</sup> )
10	杜香一落	40×40	中龄林	53	0.7	东北	6.21	9.35	7 落 3 白	6 212
20	杜香一落	40×40	中龄林	54	0.7	北	5.81	7.93	7 落 3 白	5 119
30	杜香一落	40×40	中龄林	55	0.8	东北	6.18	8.82	6 落 4 白	5 419
40	杜香一落	40×40	中龄林	55	0.8	东北	6.87	10.44	7 落 3 白	6 450
CK	杜香一落	40×40	中龄林	60	0.7	东北	6.95	10.33	6 落 4 白	5 093

## 3 结果与分析

### 3.1 不同抚育间伐强度对胸径的影响

不同抚育间伐强度对兴安落叶松林的生长影响首先表现在胸径上,随着抚育间伐强度的增加胸径生长随之加大,兴安落叶松不同间伐强度胸径生长

变化情况见表 2,可以看出,间伐 5 a 后,不同抚育间伐强度对胸径生长都产生了显著的变化,即间伐明显地促进了林分平均胸径的增长,林木平均胸径随着样地株数的减少而增大,并且随着不同抚育间伐强度的加大,林分的胸径平均生长量也增大。5 a 间,间伐强度为 10% 的林木平均胸径增长量为

0.63 cm,比对照增长31.25%。间伐强度为 20%的林木平均胸径增长量为 0.82 cm,比对照增长 70.83%。间伐强度为 30%的林木平均胸径增长量为 0.96 cm,比对照增长 100.00%。间伐强度为 40%的林木平均胸径增长量是 1.11 cm,比对照增长 131.25%,对对照样地的林木平均胸径增长量是 0.48 cm。采取抚育间伐措施生长量增加的顺序为:间伐强度 40%>30%>20%>10%>对照。以上结论可以看出,抚育间伐调整了林分密度株数,间伐强度越大,提高了对光的有效利用,因此,从培育大径材的角度来看,间伐强度越大,效果越理想。

### 3.2 不同抚育间伐强度对树高的影响

不同抚育间伐强度对树高生长的影响见表 3,可以看出,5 a 间树高增长量分别为:采伐强度为 10%的样地树高增长 0.78 m,比对照样地增长 1.30%,采伐强度为 20%的样地树高增长 0.79 m,比对照样地增长 2.60%。采伐强度为 30%的样地树高增长 0.97 m,比对照样地增长 25.97%。采伐强度为 40%的样地树高增长 1.02 m,比对照样地增长 32.47%。对照样地树高增长为 0.77 m,明显看出样地林分平均树高随着抚育间伐强度的增加都有所增加,高强度的间伐(40%)样地林木平均树高的生长最大,但 4 个间伐强度的样地林木平均树高生

长量的差异不是很大。

### 3.3 不同抚育间伐强度对林分单位面积蓄积生长量的影响

从表 4 可以看出,不同间伐强度对林木蓄积量的变化存在明显影响。抚育间伐能明显促进林分蓄积量的生长,增长最显著的是中度间伐(30%),对照样地的蓄积生长量为 21.41 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>,间伐强度 10%的蓄积生长量为 22.08 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>,间伐强度 20%的蓄积生长量为 23.00 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>,间伐强度 30%的蓄积生长量为 24.57 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>,间伐强度 40%的蓄积生长量为 21.88 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>,间伐强度为 10%、20%、30%、40%的林分蓄积的生长量比对照样地的林分蓄积量分别大 3.13%、7.43%、14.76%、2.20%。间伐密度太低,林内通风、透光差,对光、肥、水等自然条件的利用不充分,林木的生长受抑,从而限制了林木生产力的发挥。因此,只有选择合适的抚育间伐强度,才能对森林生产力有一定的提高。林分蓄积量取决于单株蓄积和单位面积株数,本研究可能因为间伐强度太大保留木株数少的原因,使林分蓄积低于中度(强度为 20%和 30%)和弱度(10%)间伐样地,说明虽然单株蓄积增长较快,但仍不能弥补株数减少造成的单位面积蓄积量损失。

表 2 不同间伐强度胸径生长变化

Table 2 DBH growth changes in different thinning intensities

cm

间伐强度处理/%	平均胸径 (2012 年伐前)	平均胸径 (2012 年伐后)	平均胸径 (2017 年)	胸径增长量 (2012—2017)	相对生长量/%
10	6.21	6.35	6.98	0.63	131.25
20	5.81	4.75	5.57	0.82	170.83
30	6.18	6.18	7.14	0.96	200.00
40	6.87	5.79	6.90	1.11	231.25
CK	6.95	6.95	7.43	0.48	100.00

表 3 不同间伐强度树高生长变化

Table 3 The tree height growth changes in different thinning intensities

m

间伐强度处理/%	平均树高 (2012 年伐前)	平均树高 (2012 年伐后)	平均树高 (2017 年)	树高生长量 (2012—2017)	相对生长量/%
10	9.35	9.49	10.27	0.78	101.30
20	7.93	6.53	7.32	0.79	102.60
30	8.82	8.41	9.38	0.97	125.97
40	10.44	8.51	9.53	1.02	132.47
CK	10.33	10.33	11.10	0.77	100.00

### 3.4 不同抚育间伐强度对林分立木株数的影响

林木之间为了争夺充足的营养空间和光照,使得劣势木出现逐渐枯死的现象,这种现象称之为林木的自然稀疏。一般情况下林分密度越大,林内树木的枯死率就越高。从表 5 看出,间伐 5 a 内各抚育间伐强度的枯死率分别为 3.77%、2.63%、1.86%和 1.75%,而对对照样地高达 16.8%。我们认

为间伐强度的增大,保留木株数随之降低,调整了林木的空间格局,减弱了林木对营养空间和光照的竞争,使自然稀疏现象减少,林木的枯死率明显降低。

## 4 结论与讨论

不同抚育措施和间伐强度会对树木生长产生不同影响,本研究初步探讨不同抚育间伐强度对兴安

表 4 不同间伐强度蓄积量生长变化

Table 4 The volume growth in different thinning intensities

m<sup>3</sup> · hm<sup>-2</sup>

间伐强度 处理/%	2012年 伐前	2012年 伐后	2017年	5 a 蓄积 生长量	相对 生长量/%
10	100.00	90.99	113.07	22.08	103.13
20	60.60	26.01	49.01	23.00	107.43
30	123.82	53.11	77.68	24.57	114.76
40	140.90	51.21	73.09	21.88	102.20
CK	112.01	112.01	133.42	21.41	100.00

表 5 林分立木株数变化情况

Table 5 The forest stand number changes

株

间伐强度 处理/%	2012年 保留木株数	2017年 实有株数	枯死 株数	枯死率 /%
10	853	822	31	3.77
20	625	609	16	2.63
30	601	590	11	1.86
40	640	629	11	1.75
CK	815	698	117	16.8

落叶松生长的影响表明,抚育间伐强度对兴安落叶松林木胸径和树高的生长量有着明显的促进作用,40%的间伐强度对提高林分胸径和树高生长量最显著,胸径随着间伐强度的增大而明显增大,而树高生长随着间伐强度增大而增大的幅度不明显;间伐强度为30%对单位面积蓄积量生长量最为显著,其次为20%、10%。40%对促进单位面积蓄积增长影响最小;此外,随着抚育间伐强度的增加,林木的枯死率逐渐降低,反映出大兴安岭林区兴安落叶松天然次生林林分密度过大,10%~20%的间伐强度已明显不能全面促进兴安落叶松的生长,在今后的研究中可以考虑以30%~40%的间伐强度作为改善大兴安岭林区兴安落叶松天然次生林林分间伐的参考指标。

抚育间伐效应是一个长期的动态过程,应该对间伐后的林分作定期的调查研究,根据林分在不同间伐强度的变化,确定出林分抚育间伐的合理强度和间隔期。间伐后保留木的生长空间得到解放,林木拥有更大的空间生长,获得光照、养分、水分等增多,林分生长更好。因此,要想促进林分高效、稳定的生长,必须确定出比较合理的最佳间伐强度,逐渐改善林分生长和营养空间,以不断提高林分生物生产力。本研究是针对我国大兴安岭林区兴安落叶松林普遍存在的林分密度过大,树龄、直径结构不合理、林木死亡率较高、林分质量下降等问题从林分生长的角度进行初步研究分析,试验结果显示了4个间伐强度对林分的树高和蓄积量变化差异并不明显,可能由于间伐强度的间隔设计不足,在今后的研究中可考虑进一步调整间伐强度。此外,由于考虑到该区域立地条件差,间伐强度过大可能严重影响

林分稳定性,因此本研究并没有采用40%以上的强度间伐。兴安落叶松是大兴安岭林区优势种和建群种,对我国北方生态系统的稳定、保护物种多样性、保护生态环境等方面发挥着不可替代的作用,本研究对该地区兴安落叶松林经营管理具有一定的科学指导意义,也为以后相关研究提供一定的理论基础。

## 参考文献:

- [1] 白艳.不同采伐方式对兴安落叶松林分特征及其植物多样性的影响[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2012.
- [2] 玉宝,张秋良,乌吉斯古楞,等.兴安落叶松过伐林结构优化技术[M].北京:中国林业出版社,2015.
- [3] 尤文忠,赵刚,张慧东,等.抚育间伐对蒙古栎次生林生长的影响[J].生态学报,2015,35(1):0056-0064.  
YOU W Z,ZHAO G,ZHANG H D, et al. Effects of thinning on growth of mongolian oak (*Quercus mongolica*) secondary forests [J]. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(1):0056-0064. (in Chinese)
- [4] 张水松,陈长发,吴克选,等.杉木林间伐强度试验20年生长期效应的研究[J].林业科学,2005,41(5):56-65.  
ZHANG S S, CHEN C F, WU K X, et al. Growth effect of intermediate cuttings intensity experiment for twenty years in *Cunninghamia lanceolata* [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2005, 41(5):56-65. (in Chinese)
- [5] 邓仕坚,张家武,陈楚莹,等.间伐强度对杉木-火力楠混交林生长影响的研究初报[J].应用生态学报,1995,6(3):231-236.
- [6] 周晓光.抚育间伐强度对马尾松公益林群落结构和生态服务功能的影响[D].长沙:中南林业科技大学,2014.
- [7] 段劼,马履一,贾黎明,等.抚育间伐对侧柏人工林及林下植被生长的影响[J].生态学报,2010,30(6):1431-1441.
- [8] 胡建伟,朱成秋.抚育间伐对森林环境的影响[J].东北林业大学学报,1999,27(3):65-67.
- [9] 李春义,马履一,王希群,等.抚育间伐对北京山区侧柏人工林下植物多样性的短期影响[J].北京林业大学学报,2007,29(3):60-66.  
LI C Y, MA L Y, WANG X Q, et al. Short-term effects of tending on the undergrowth diversity of *Platycladus orientalis* plantations in Beijing mountainous areas [J]. Journal of Beijing Forestry University, 2007, 29(3):60-66. (in Chinese)
- [10] JUODVALKIS A, KAIRIUKSTIS L, VASILIAUSKAS R. Effects of thinning on growth of six tree species in north-temperate forests of Lithuania [J]. European Journal of Forest Research, 2005, 124(3):187-192.
- [11] 殷鸣放,周立君,毕刚蕊,等.带状间伐对长白落叶松人工纯林诱导复层林效果评价[J].东北林业大学学报,2011,41(5):20-24.
- [12] 孙志虎,王庆成,梁淑娟,等.间伐和修枝对白桦天然林林木生长的影响[J].东北林业大学学报,2004,32(6):11-12,18.
- [13] 潘辉,张金文,林顺德,等.不同间伐强度对巨尾桉林分生产力的影响研究[J].林业科学,2003,39(Supp.1):106-111.  
PAN H, ZHANG J W, LIN S D, et al. Effects of different thinning intensity on the stand productivity of *Eucalyptus grandis* × *E. urophylla* [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2003, 39(Supp.1):106-111. (in Chinese)

(下转第178页)

- [21] 刘洪玲. GC-MS 法分析降香挥发油化学成分[J]. 中成药, 2009, 31(6): 915-917.
- [22] 赵静, 毛旭文, 朱晓雪, 等. 美迪紫檀素的体外细胞毒性研究[J]. 新疆医科大学学报, 2016, 39(5): 586-590.  
ZHAO J, MAO X W, ZHU X X, *et al.* The study of medicarpin in vitro cytotoxicity [J]. Journal of Xinjiang Medical University, 2016, 39(5): 586-590. (in Chinese)
- [23] 云希柳. 一种合成(一)去甲美迪紫檀素的新方法[D]. 天津: 天津大学, 2012.
- [24] 杨柳, 方崇荣, 张建, 等. 气质联用鉴别降香黄檀与越南香枝的研究[J]. 南京林业大学学报, 2016, 40(1): 97-103.  
YANG L, FANG C R, ZHANG J, *et al.* The identification of *Dalbergia odorifera* T. Chen and *D. tonkinensis* by GC-MS [J]. Journal of Nanjing Forestry University, 2016, 40(1): 97-103. (in Chinese)
- [25] 秦延林, 王赛, 林波, 等. 花梨木挥发油化学成分的分析[J]. 海南大学学报: 自然科学版, 2010, 28(1): 38-40.  
QIN Y L, WANG S, LIN B, *et al.* Analysis of chemical constituents of the essential oil from Huali wood [J]. Natural Science Journal of Hainan University, 2010, 28(1): 38-40. (in Chinese)
- [26] WANG H, MEI W L, DAI H F, *et al.* Phenolic compounds from *Dalbergia odorifera* [J]. Phytochemistry Letters, 2014, 9: 168-173.
- [27] 郭丽冰, 王蕾, 廖华卫. 降香 CO<sub>2</sub> 超临界萃取物的 GC-MS 分析[J]. 广东药学院学报, 2007, 23(1): 12-13.  
GUO L B, WANG L, LIAO H W. GC-MS analysis of supercritical extraction products from *Dalbergia odoriferae* [J]. Journal of Guangdong College of Pharmacy, 2007, 23(1): 12-13. (in Chinese)
- [28] 斯蒂芬·帕拉蒂. 木本植物生理学[M]. 北京: 科学出版社, 2011: 85-86.
- [29] BERITOGNOLO I, MAGEL E, LATIF A A, *et al.* Expression of genes encoding chalcone synthase, flavanone 3-hydroxylase and dihydroflavonol 4-reductase correlates with flavanol accumulation during heartwood formation in *Juglans nigra* [J]. Tree Physiology, 2002, 22(5): 291-300.
- [30] MAGEL E, ALLEM C J, ZIEGLER H. Formation of heartwood substances in the stemwood of *Robinia pseudoacacia* L. II. distribution of nonstructural carbohydrates and wood extractives across the trunk [J]. Trees, 2014, 8(4): 165-171.

## (上接第 166 页)

- [14] MONTES F, CAELLAS I, DEL RÍO M, *et al.* The effects of thinning on the structural diversity of coppice forests [J]. Annals of Forest Science, 2004, 61(8): 771-779.
- [15] 徐有明, 林汉, 魏柏松, 等. 间伐强度对湿地松人工林木材质量的影响效应[J]. 东北林业大学学报, 2002, 30(2): 38-42.
- [16] 苏芳莉, 刘明国, 谭学仁, 等. 辽东山区天然次生林间伐强度研究[J]. 西北林学院学报, 2007, 22(4): 106-109.  
SU F L, LIU M G, TAN X R, *et al.* A study on thinning density of natural secondary forest in Liaoning east [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2007, 22(4): 106-109. (in Chinese)
- [17] JUODVALKIS A, KAIRIUKSTIS L, VASILIAUSKAS R. Effects of thinning on growth of six tree species in north-temperate forests of Lithuania [J]. European Journal of Forest Research, 2005, 124(3): 187-192.
- [18] 董希斌. 采伐强度对落叶松生长量的影响[J]. 东北林业大学学报, 2001, 29(1): 44-47.
- [19] 黄鑫春. 不同抚育间伐强度对辽东落叶松林生长的影响[J]. 林业资源管理, 2016(1): 65-71.
- [20] MÄKINEN H, ISOMÄKI A. Thinning intensity and long-term changes in increment and stem form of *Scots pine* trees [J]. Forest Ecology and Management, 2004, 203(1/3): 21-34.
- [21] 贾忠奎, 公宁宁, 姚凯, 等. 间伐强度对塞罕坝华北落叶松人工林生长进程和生物量的影响[J]. 东北林业大学学报, 2012, 40(3): 5-7, 31.  
JIA Z K, GONG N N, YAO K, *et al.* Effects of thinning intensity on the growth and biomass of *Larix principis-rupprechtii* plantation in Saihanba [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2012, 40(3): 5-7, 31. (in Chinese)
- [22] 雷相东, 陆元昌, 张会儒, 等. 抚育间伐对落叶松云冷杉混交林的影响[J]. 林业科学, 2005, 41(4): 78-85.  
LEI X D, LU Y C, ZHANG H R, *et al.* Effects of thinning on mixed stands of *Larix olgensis*, *Abies nephrolepis* and *Picea jazoensis* [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2005, 41(4): 78-85. (in Chinese)
- [23] 黄承标, 马承彪, 曹继钊, 等. 不同立地及间伐强度对马尾松人工幼林生长的影响[J]. 西北林学院学报, 2013, 28(1): 141-145.  
HUANG C B, MA C B, CAO J Z, *et al.* Effects of different sites and intermediate cutting intensities on growth of planted young *Pinus massoniana* forests [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2013, 28(1): 141-145. (in Chinese)
- [24] ZCHARA T. The influence of selective thinning on the young scots pine stand [J]. Prace Instytutu Badawczego Lesnictwa Seria A, 2000, 3: 35-61.
- [25] 朱玉杰, 董希斌. 大兴安岭地区落叶松用材林不同抚育间伐强度经营效果评价[J]. 林业科学, 2016, 52(12): 29-38.  
ZHU Y J, DONG X B. Evaluation of the effects of different thinning intensities on larch forest in Great Xing'an Mountains [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2016, 52(12): 29-38. (in Chinese)
- [26] 赵麟萱, 刘兆刚, 赵聪. 间伐强度对大兴安岭天然落叶松林功能的影响[J]. 森林工程, 2014, 30(4): 1-8.  
ZHAO L X, LIU Z G, ZHAO C. Effects of thinning intensity on the functions of natural larch forest in Great Xing'an Mountains [J]. Forest Engineering, 2014, 30(4): 1-8. (in Chinese)