

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2019.02.003

间伐对川中丘陵区人工柏木林下天然更新的影响

赵润¹, 陈俊华^{2,3}, 牛牧⁴, 别鹏飞¹, 慕长龙^{2,3,*}

(1. 绵阳师范学院, 四川 绵阳 621000; 2. 四川龙门山森林生态系统国家定位观测研究站, 四川 平武 622553;
3. 四川省林业科学研究院, 四川 成都 610081; 4. 北京林业大学, 北京 100083)

摘要:以川中丘陵区“带状采伐+补阔”试验基地作为研究对象,调查其林下天然更新情况。结果表明:(1)采伐带、保留带天然更新的幼树幼苗明显高于对照样地($P < 0.05$)。10m、8m、6m、4m采伐带、保留带的天然更新幼树幼苗分别是对照的10.63倍、9.38倍、7.92倍、7.50倍和3.33倍、3.75倍、4.38倍、6.04倍。(2)采伐带、保留带、对照样地内的更新幼树幼苗的树高均显现为左偏单峰结构,且均以树高 ≤ 0.1 m的幼苗数量最多。不同带宽采伐带和保留带内天然更新的幼树幼苗高度分级占比不尽相同。(3)所有处理下的天然更新的幼树幼苗均呈聚集状分布的状态,且聚集强度较大。(4)除柏木外,天然更新的树种种类多以香樟、香椿、乌桕等喜阳或半喜阳的为主。

关键词:川中丘陵区;人工柏木林;带状采伐;天然更新

中图分类号:S718;S752.3 文献标识码:A 文章编号:1003-5508(2019)02-0009-05

The Effect of Intermediate Cutting on Natural Regeneration of *Cupressus funebris* Plantation

ZHAO Run¹ CHEN Jun-hua^{2,3} NIU Mu⁴ BIE Peng-fei¹ MU Chang-long^{2,3,4,*}

(1. Mianyang Teachers' College, Mianyang 621000, China; 2. National Positioning Observation and Research Station of Forest Ecosystem in Longmen Mountain, Pingwu 622553, China;
3. Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610081, China; 4. Beijing Forestry University, Beijing, Haidian 100083)

Abstract: By experimental base of "strip cutting & planting broadleaf trees", the natural regeneration under the forest was investigated in the hilly area of central Sichuan. The results showed that (1) the natural regeneration seedlings in cutting and reserving zones were significantly higher than those in control plots ($P < 0.05$). The seedlings of natural regenerated young trees in 10 m, 8 m, 6 m, 4 m cutting belts and reserved belts were 10.63 times, 9.38 times, 7.92 times, 7.50 times and 3.33 times, 3.75 times, 4.38 times and 6.04 times of the control respectively. (2) The tree height of the regenerated saplings in the cutting zone, reserved zone and control plot showed a left-sided single-peak structure, and the number of seedlings with tree height of less than 0.1M was the largest. The proportion of seedling height grading of natural regeneration was different in different bandwidth harvesting belts and retaining belts. (3) Natural regenerated young seedlings after undergoing all treatments showed aggregate distribution, and aggregation intensity was high. (4) In addition to cypress, most of the naturally regenerated tree species were sunny or semi-sunny, such as camphor, toon and Chinese tallow.

Key words: Hilly areas of central Sichuan, *Cupressus funebris* plantation, Strip cutting, Natural regeneration

收稿日期:2019-01-18

基金项目:国家科技支撑计划子课题(2015BAD07B0402);森林与湿地生态恢复与保育四川重点实验室资助项目
作者简介:赵润(1994-),女,硕士研究生,主要从事环境信息智能处理研究,e-mail:673220224@qq.com。

*通讯作者:慕长龙,e-mail:mucl2006@aliyun.com。

川中丘陵区的人工柏木林(*Cupressus funebris*)由于密度过大,树种单一,缺乏科学经营等因素,林分系统功能得不到正常发挥,严重影响森林发挥其综合效益^[1]。为此,国内专家进行了大量的改造试验,取得了较好的成效。采用的方式主要有不同强度间伐^[2]、人工开林窗^[3~5]以及带状皆伐^[6~7]等。研究内容包括改造前后对土壤改良、生物多样性的影响等,关于川中丘陵区人工柏木林改造后林下天然更新的情况未见报道。于2010年在四川省盐亭县林山乡林园村的人工柏木林试验基地,采用“带状皆伐+补阔”模式对其进行了改造。改造方式为带状皆伐,采伐带与保留带同宽。采伐带宽分别为4 m、6 m、8 m和10 m,并设计对照组^[6~7]。试验地

初期概况见表1,距离试验地500 m有1处块状香樟(*Cinnamomum camphora*)纯林,平均胸径15.4 cm \pm 2.1 cm,平均树高10.8 m \pm 0.7 m。天然更新是森林生态自然繁衍与恢复的重要手段,它通过林下层植被生长来改变森林的主林层和次林层的演替过程,从而更加有利于形成复层、异龄的林分,对提高林分的生物多样性和林地生产力,实现结构稳定、功能完善的高质量森林具有十分重要的意义^[8]。2017年调查了试验基地不同带宽的采伐带、保留带以及对照的天然更新情况,以期为川中丘陵区人工柏木林的适宜经营密度、天然更新以及培育高质量的森林提供科学依据和技术参考。

表1 试验地初期概况(2010年)

Tab.1 The early situation of the study plot

类型	乔木密度 (株·hm ⁻²)	林分组成	灌木高度 (cm)	灌木盖度 (%)	草本盖度 (%)
4 m带	2 578 \pm 15	Cf;Ac/Af/Ca/Cc(7;3)	92.3 \pm 3.1	18.9 \pm 0.7	30.8 \pm 0.9
6 m带	2 597 \pm 12	Cf;Ac/Af/Ca/Cc(7;3)	89.6 \pm 1.9	16.5 \pm 0.8	31.5 \pm 1.5
8 m带	2 592 \pm 8	Cf;Ac/Af/Ca/Cc(7;3)	87.4 \pm 2.5	19.4 \pm 0.9	33.8 \pm 0.7
10 m带	2 601 \pm 17	Cf;Ac/Af/Ca/Cc(7;3)	101.2 \pm 2.9	17.2 \pm 1.1	36.7 \pm 2.1
对照	3 416 \pm 14	Cf(10)	85.7 \pm 2.1	18.3 \pm 0.5	32.6 \pm 1.3

Cf:柏木(*Cupressus funebris*); Ac:桤木(*Alnus cremastogyne*); Af:台湾桤木(*Alnus formosana*); Ca:喜树(*Camptotheca acuminata*); Cc:香樟(*Cinnamomum camphora*)

1 研究区概况

研究区位于四川省盐亭县林山乡(N:31°13'~31°18',E:105°26'~105°28',海拔365 m~577 m),气候类型属于中亚热带湿润季风气候带,年平均气温17.3℃,年均降雨量825.5 mm,无霜期294 d,瞬时最大风速37 m·s⁻¹,最大日暴雨量200 mm。地貌类型为丘陵。本区岩层主要为紫色泥岩和砂页岩,易风化崩解破碎,土壤抗蚀力弱,土壤类型为紫色土。现有森林类型主要为柏木人工纯林,另有少量的马尾松纯林、松柏混交林、栎柏混交林和桤柏混交林。林下灌草盖度低,种类简单^[2]。其中,灌木主要种类有黄荆(*Vitex negundo*)、马桑(*Coriaria nepalensis*)、火棘(*Pyracantha fortuneana*)、铁仔(*Myrsine africana*)等;草本主要种类有栗褐苔草(*Carex bunnea*)、白茅(*Imperata cylindrica*)等。

2 研究方法

2.1 样地设置

对试验基地的不同采伐带和保留带各设置8个

样地,宽度与带宽相同,长度为整个坡长(30 m)。同时在旁边没有采伐的地块(坡度、坡位、土壤等条件与改造地相同)内设置5个20 m \times 20 m的对照样地,共计37个样地。采伐带与保留带内,沿坡长再各划分为3个10 m \times 带宽的样方;将每个对照地划分为4个10 m \times 10 m的样方,共计116个样方。

2.2 调查方法

在样地内详细调查每株幼树、幼苗的种类、地径、树高和具体位置,统计各样方内幼树、幼苗数量的变化,绘制树高结构图和空间格局分配图。幼树(苗)的分级按一级:苗高<10 cm;二级:10 cm \leq 苗高<30 cm;三级:30 cm \leq 苗高<50 cm;四级:苗高 \geq 50 cm。

2.3 数据分析

采用扩散系数法(C_x)^[9~10]。扩散系数法是建立在泊松分布上的预期假设。泊松分布具有总体方差(V)和均值(m)相等的性质。即当 $C_x < 1$ 时,呈均匀分布;当 $C_x = 1$ 时,呈随机分布;当 $C_x > 1$ 时,偏离泊松分布,表现为聚集分布。 C_x 计算公式如下:

$$C_x = m/V$$

$$V = \sum_{i=1}^N \{(x_i - m)^2 / (N - 1)\}$$

$$m = \sum_{i=1}^m x_i / N$$

式中: V 为方差, m 为均值, x_i 为第 i 样方内的个体数, N 为小样方数。

采用 t 检验测定数据能否接受预期假设。 $t = (C_x - 1) \sqrt{2/(N-1)}$ 。当 $\leq t_{n-1,0.05}$ 时,呈现随机分布,否则,为聚集或均匀分布。

当每个样方的植物个体数呈现负二项分布时,可用参数 K 值作为聚集的强度^[11]。计算公式为 $K = m^2/(V-m)$ 。 K 值越大,种群越接近随机分布。

所有数据在 Microsoft Excel 2010 中进行统计计算、制图,在 SPSS 20.0 中进行方差分析和 LSD 多重比较,显著性水平设定为 $\alpha = 0.05$ 。

3 结果与分析

3.1 更新幼树(苗)的数量

采伐带、保留带、对照更新幼树(苗)数量及树高结构分别见图 1、图 2、图 3。从不同采伐带更新幼树(苗)的数量来看,随着带宽的增长,天然更新

的幼树(苗)的数量也随之增长,即 10 m 采伐带 > 8 m 采伐带 > 6 m 采伐带 > 4 m 采伐带。10 m 采伐带、8 m 采伐带、6 m 采伐带、4 m 采伐带更新幼树(苗)的数量分别是 51 000 株·hm⁻²、45 000 株·hm⁻²、38 000 株·hm⁻²、36 000 株·hm⁻²。10 m 采伐带、8 m 采伐带、6 m 采伐带、4 m 采伐带更新幼树(苗)的数量分别是对照的 10.63 倍、9.38 倍、7.92 倍和 7.50 倍。各保留带内的更新幼树(苗)数量大小规律同采伐带,且数量明显小于采伐带($P < 0.05$)。4 m 保留带、6 m 保留带、8 m 保留带和 10 m 保留带的更新幼树(苗)数量分别是 29 000 株·hm⁻²、21 000 株·hm⁻²、18 000 株·hm⁻² 和 16 000 株·hm⁻²,分别是对照的 6.04 倍、4.38 倍、3.75 倍和 3.33 倍。

方差分析和多重比较(LSD)表明(见表 2),采伐带内的更新幼树(苗)数量除了 4 m 带与 6 m 带差异不显著外($P > 0.05$),其余差异均显著($P < 0.05$);不同保留带间均表现为差异显著($P < 0.05$)。采伐带与保留带间同样表现为差异显著($P < 0.05$)(见表 3)。

表 2 不同带宽天然更新幼苗 LSD 多重比较

Tab. 2 Multiple comparison of LSD in natural regeneration seedlings with different bandwidths

带宽	采伐带				保留带			
	6 m	8 m	10 m	对照	6 m	8 m	10 m	对照
4 m 带	-2 125	-9 250 *	-14 625 *	31 160 *	-2 000 *	-6 000 *	-13 000 *	11 160 *
6 m 带		-7 125 *	-12 500 *	33 285 *		-4 000 *	-11 000 *	13 160 *
8 m 带			-5 375 *	40 410 *			-7 000 *	17 160 *
10 m 带				45 785 *				24 160 *

注:表中 * 表示在 0.05 水平上显著相关, ** 表示在 0.01 水平上极显著相关,下同。

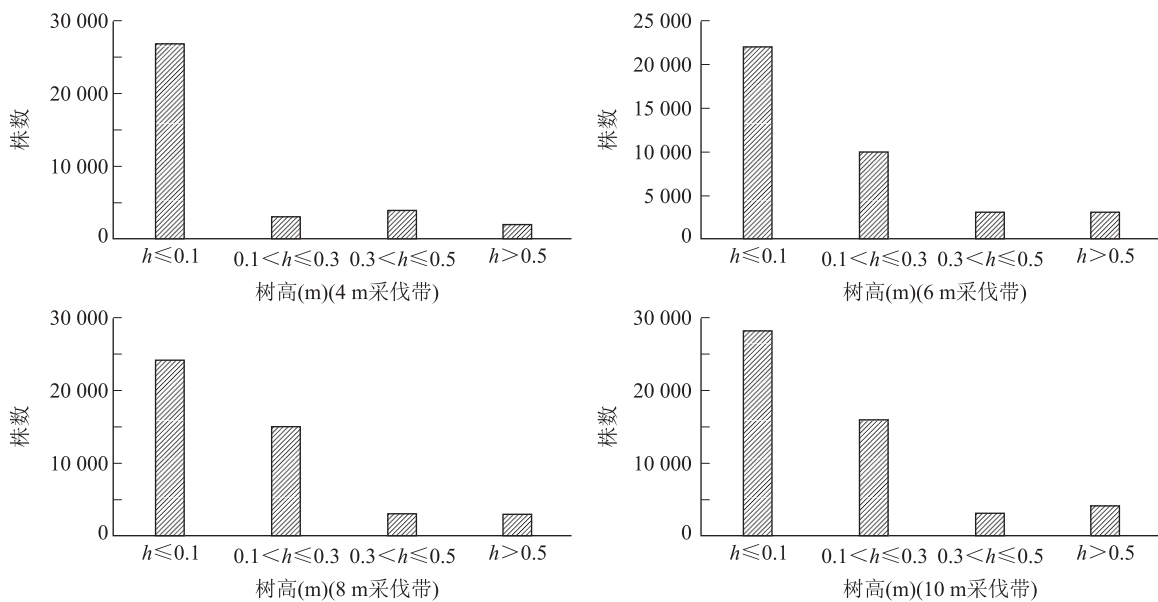


图 1 采伐带更新幼树树高结构

Fig. 1 The sapling height structure in cutting belt

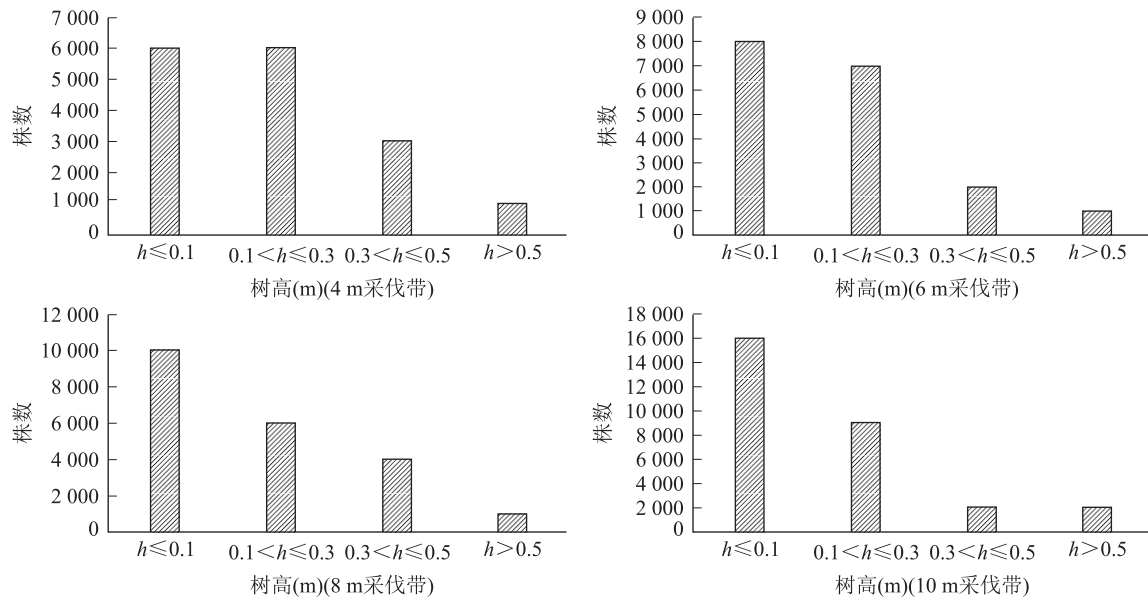


图2 保留带更新幼树树高结构

Fig.2 The sapling height structure in retain belt

表3 采伐带与保留带天然更新幼苗 LSD 多重比较

Tab.3 Multiple LSD comparison of natural regeneration seedlings in cutting zone and reserved zone

采伐带	保留带			
	4 m	6 m	8 m	10 m
4 m	7 000 *	14 000 *	18 000 *	20 000 *
6 m	9 125 *	16 125 *	20 125 *	22 125 *
8 m	16 250 *	23 250 *	27 250 *	29 250 *
10 m	21 625 *	28 625 *	32 625 *	34 625 *

3.2 更新幼树(苗)的树高结构

从图1、图2、图3可以看出,采伐带、保留带、对照样地内的更新幼树(苗)的树高均显现为左偏单峰结构,且均以树高 ≤ 0.1 m的幼苗数量最多。采伐带内,4 m、6 m、8 m、10 m $h \leq 0.1$ m, $0.1 < h \leq 0.3$ m, $0.3 < h \leq 0.5$ m, $h > 0.5$ m 幼树(苗)数分别占总数量的 75.00%、8.33%、11.11%、5.56%, 57.89%、26.32%、7.89%、7.89%, 53.33%、33.33%、6.67%、6.67%, 54.90%、31.37%、5.88%、7.84%;保留带内,4m、6m、8m、10m $h \leq 0.1$ m, $0.1 < h \leq 0.3$ m, $0.3 < h \leq 0.5$ m, $h > 0.5$ m 幼树(苗)数分别占总数量的 37.50%、37.50%、18.75%、6.25%, 44.44%、38.89%、11.11%、5.56%, 47.62%、28.57%、19.05%、4.76%, 55.17%、31.03%、6.90%、6.90%;对照内幼树(苗)数分别占总数量的 41.67%、41.67%、12.50%、4.17%。

3.3 更新幼树(苗)的空间分布格局

采伐带、保留带及对照的天然更新幼树幼苗的空间分布格局见表4。可以看出,所有处理下的天

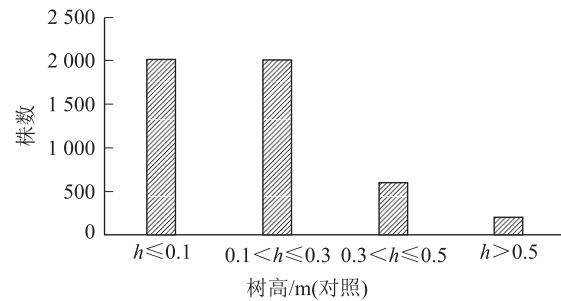


图3 对照地更新幼树树高结构

Fig.3 The sapling height structure in control plot

然更新幼树幼苗均呈聚集分布。对 C_x 进行 t 检验的结果均为极其显著 ($P < 0.01$)。根据负二项参数 K 值可知,不同处理下天然更新幼树幼苗按聚集强度大小排列为对照 > 保留带 > 采伐带;而采伐带和保留带内的天然更新幼树幼苗按聚集强度大小排列均为 4 m 带 > 6 m 带 > 8 m 带 > 10 m 带。

表4 更新幼树幼苗的空间分布格局

Tab.4 The spatial pattern of sapling

处理	C_x	t 检验	K	分布格局
4 m 采伐带	27.39	7.78 **	3.74	聚集分布
6 m 采伐带	42.45	12.22 **	3.90	聚集分布
8 m 采伐带	33.88	9.69 **	4.66	聚集分布
10 m 采伐带	49.30	14.24 **	5.17	聚集分布
4 m 保留带	140.00	40.99 **	1.61	聚集分布
6 m 保留带	78.75	22.93 **	1.82	聚集分布
8 m 保留带	128.33	37.55 **	2.22	聚集分布
10 m 保留带	53.42	15.46 **	2.96	聚集分布
对照	469.90	152.13 **	0.49	聚集分布

注: $t_{0.05}(23) = 2.069, t_{0.05}(19) = 2.093, t_{0.01}(23) = 2.807, t_{0.01}(19) = 2.861$

3.4 更新幼树幼苗的种类分析

更新幼树幼苗的种类见图4。可见,柏木的幼树幼苗占了绝大部分,达49.67%,其次是香樟和女贞(*Ligustrum lucidum*),分别占16.99%和10.46%。其他占比较大的种类有小果冬青(*Ilex micrococca* Maxim.),占7.84%,乌桕(*Sapium sebiferum* (L.) Roxb.),占5.23%,苦楝(*Melia azedarach* Linn.),占3.92%,香椿(*Toona sinensis*),占3.27%。天然更新的其他种类的幼树幼苗数量仅占总数的2.61%。

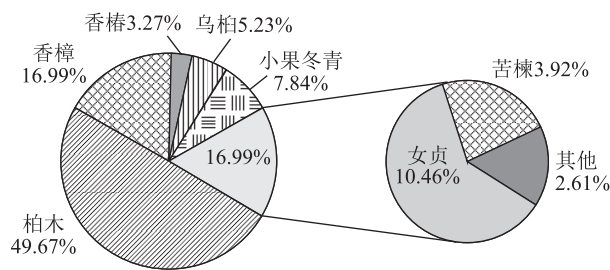


图4 天然更新幼苗种类

Fig.4 Species of seedlings from natural regeneration

4 结论与讨论

(1)带状间伐后对促进人工柏木林天然更新十分有效。王成等^[12]对吉林省延边地区的重要乡土树种——赤松进行间伐后的天然更新情况研究表明,采伐带和保留带内更新的幼树幼苗数量分别是对照的2.6倍和2.5倍。本研究结果与此符合相同规律。10m、8m、6m、4m采伐带更新幼树(苗)的数量分别是对照的10.63倍、9.38倍、7.92倍和7.50倍;4m、6m、8m、10m保留带的更新幼树(苗)数量分别是对照的6.04倍、4.38倍、3.75倍和3.33倍。方差分析表明,除4m采伐带与6m采伐带差异不显著外($P > 0.05$),其余各处理间均表现为差异显著($P < 0.05$)。

(2)采伐带、保留带、对照样地内的更新幼树幼苗的树高均显现为左偏单峰结构,且均以树高 $\leq 0.1m$ 的幼苗数量最多。这与国内专家对天然林和人工林的幼树幼苗天然更新结果也是类似的^[10,13]。不同带宽采伐带和保留带内天然更新的幼树幼苗高度分级占比不尽相同。

(3)所有处理下的天然更新的幼树幼苗均呈聚集状分布的状态,且聚集强度较大,与国内相关研究的结果吻合^[14]。国内专家研究表明,团聚状分布的更新幼树有利于抵御外界的不良气候条件以及在种间竞争的情况下的自然选择。因此,团聚状结构非常有利于部分个体获得良好的生长空间从而促进其

快速生长,对形成异龄、复层的稳定林分具有重要的作用^[9]。

(4)从更新幼树幼苗的种类来看,除去柏木本身外,香樟、香椿、乌桕等常绿、落叶阔叶树种相继进入。间伐后,在群落演替的初期,天然更新的树种种类多以喜阳或半喜阳的为主。研究表明,更新幼树幼苗的数量与种类与微地形、母树的距离等因素有较大关系^[13]。距离试验地500m有香樟母树林,因此采伐带和保留带内的香樟幼树、幼苗占比较大。

综上所述,间伐后,增加了光照,林内温度、湿度和土壤条件得到了改善,这些均有利于促进幼树幼苗的更新^[15]。从采伐带宽来看,带宽越大,越有利于林下幼树幼苗的天然更新,但综合考虑林分改造初期的水土保持效应,间伐带宽的适宜宽度为8m^[6-7]。

参考文献:

- [1] 李贤伟,罗承德,胡庭兴,等. 长江上游退化森林生态系统恢复与重建刍议[J]. 生态学报,2001,21(2):2117~2124.
- [2] 龚固堂,牛牧,慕长龙,等. 间伐强度对柏木人工林生长及林下植物的影响[J]. 林业科学,2015,51(4):8~15.
- [3] 陈俊华,龚固堂,胡道亮,等. 川中丘陵区低效防护林“开窗补阔”改造模式对不同施肥措施响应[J]. 四川林业科技,2011,32(1):74~79.
- [4] 卢思文,李贤伟,张小国. 川中丘陵区柏木低效林人造林窗改造后土壤有机质与土壤动物的关系[J]. 现代农业科技,2016,(10):125~129.
- [5] 张翠翠. 川中丘陵区柏木低效林不同改造模式对水土流失及土壤质量的影响[D]. 四川农业大学,2016.
- [6] 别鹏飞,斯顺江,周大松,等. 带状改造对川中丘陵区柏木人工林下植物多样性的影响[J]. 四川林业科技,2018,39(6):1~6.
- [7] 黎燕琼,龚固堂,郑绍伟,等. 低效柏木纯林不同改造措施对水土保持功能的影响[J]. 生态学报,2013,33(3):0934~0943.
- [8] 张希彪,上官周平,王金成,等. 子午岭人工油松林群落特征及影响因子[J]. 山地学报,2014,32(5):561~567.
- [9] 王传华,魏斌,李俊清. 鄂东南枫香(*Liquidambar formosana*)林、马尾松(*Pinus massoniana*)林-枫香林群落结构及更新[J]. 生态学报,2009,29(9):4681~4692.
- [10] 李雪云,潘萍,欧阳勋志,等. 闽楠天然次生林幼树幼苗更新特征及空间分布格局[J]. 东北林业大学学报,2018,48(9):11~15.
- [11] 兰国玉,雷瑞德. 植物种群空间分布格局研究方法概述[J]. 西北林学院学报,2003,18(2):17~21.
- [12] 王成,刘继生,张美淑,等. 带状间伐促进赤松人工林天然更新效果的研究—天然更新的综合效果与分布格局[J]. 延边大学农学报,2004,26(2):77~80.
- [13] 刘铁岩,毕君,王超,等. 冀北山地油松人工林天然更新研究[J]. 中南林业大学学报,2017,37(7):55~58,65.
- [14] 李艳丽,杨华,亢新刚,等. 长白山云冷杉阔混交林天然更新空间分布格局及其异质性[J]. 应用生态学报,2014,25(2):311~317.
- [15] 马履一,李春义,王希群,等. 不同间伐强度对北京山区油松生长及其林下植被多样性的影响[J]. 林业科学,2007,43(5):1~9.