

网络出版时间:2014-04-25 15:48

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.05.002

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.05.002.html>

福建将乐林场常绿阔叶林幼苗结构分析与更新评价

李 杰¹, 高 祥², 徐 光², 郑小贤¹

(1 北京林业大学 森林资源与环境管理国家林业局重点实验室, 北京 100083; 2 吉林省汪清林业局, 吉林 汪清 133200)

【摘 要】 【目的】对福建将乐林场常绿阔叶林天然更新幼苗幼树进行分析与评价,为当地常绿阔叶林的经营提供参考依据。【方法】在福建将乐林场常绿阔叶林内设置有代表性的样地 19 块,按照苗高 ≤ 30 cm(I 级)、 $> 30 \sim \leq 60$ cm(II 级)、 $> 60 \sim \leq 100$ cm(III 级)、 $> 100 \sim \leq 200$ cm(IV 级)、 > 200 cm 且胸径 ≤ 7.5 cm(V 级)的分级标准,将更新幼苗幼树划分为小苗(I, II 级)、大苗(III, IV 级)和幼树(V 级);采用方差/均值和 4 种聚集度指标检验林分及各等级更新幼苗幼树的空间分布格局,选择平均密度、平均地径和平均盖度 3 个指标,采用因子分析法进行综合评价。【结果】林分及各主要树种更新幼苗幼树密度随等级增大而减少,更新密度最大的为黄端木(*Adinandra mellettii*);各树种空间分布格局均呈聚集分布,不同树种聚集程度不同,其中黄端木聚集程度最强,木荷(*Schima superba*)最弱;天然更新效果最好的是黄端木,最差的是栲树(*Castanopsis fargesii*)。【结论】将乐林场常绿阔叶林主要树种的更新幼苗空间格局均呈聚集分布,同一树种不同发育阶段聚集强度存在差异。随着常绿阔叶林的演替,栲树等树种有发展成群落主要树种的趋势;但由于当地常绿阔叶林受到严重干扰,栲树更新状况不佳。

【关键词】 福建将乐林场;常绿阔叶林;空间结构;幼苗更新

【中图分类号】 S757

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2014)05-0062-07

Structure analysis and evaluation of seedlings in evergreen broad-leaved forest in Jiangle Forest Farm, Fujian

LI Jie¹, GAO Xiang², XU Guang², ZHENG Xiao-xian¹

(1 State Forestry Administration Key Laboratory of Forest Resources and Environmental Management, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2 Wangqing Forestry Bureau, Wangqing, Jilin 133200, China)

Abstract: 【Objective】 This study analyzed and evaluated the natural regeneration seedlings of evergreen broad-leaved forest in Jiangle Forest Farm, Fujian, to improve the management of evergreen broad-leaved forest. 【Method】 19 representative plots in evergreen broad-leaved forest in the study area were set, according to height ≤ 30 cm (grade I), $> 30 \sim \leq 60$ cm (grade II), $> 60 \sim \leq 100$ cm (grade III), $> 100 \sim \leq 200$ cm (grade IV), and > 200 cm and diameter ≤ 7.5 cm (grade V), and regeneration seedlings were divided into three groups, seedlings (grade I and II), large seedlings (grade III and IV) and saplings (grade V). The spatial distributions of stands and seedlings were analyzed using ratio method and four intensity index methods. The growth status of the seedlings were evaluated using the factorial analysis method considering three factors, mean density, mean ground diameter and mean coverage. 【Result】 The number of seedlings of forest stand and each major species decreased as the increase of grade. The regeneration seedlings of *Adinandra mellettii* were the most. All seedlings aggregated distributed with different aggregation intensities, among which, *A. mellettii* was the best while *Schima superba* was the worst. *A. mellettii* had

【收稿日期】 2013-04-15

【基金项目】 “十二五”国家科技支撑计划项目“南方集体林区生态公益林可持续经营技术与示范”(2012BAD22B05)

【作者简介】 李 杰(1989—),女,安徽六安人,在读硕士,主要从事森林可持续经营研究。E-mail:lijie_6077@163.com

【通信作者】 郑小贤(1956—),男,上海人,教授,博士,博士生导师,主要从事森林可持续经营研究。E-mail:zheng8355@bjfu.edu.cn

the best regeneration evaluation results while *Castanopsis fargesii* had the worst.【Conclusion】Major regeneration seedlings of evergreen broad-leaved forest showed an aggregated distribution in Jiangle Forest Farm,Fujian. The same species at different developmental stages had different aggregation intensities. With the succession of evergreen broad-leaved forest,*C. fargesii* and other tree species would be the main tree species of the community. However,because of severe anthropogenic interference to local evergreen broad-leaved forest,*C. fargesii* regeneration was in poor condition.

Key words:Jiangle Forest Farm,Fujian;evergreen broad-leaved forest;spatial distribution;seedling regeneration

森林生态系统是依靠天然更新自我繁衍恢复的,通过了解林分及林分内主要树种更新幼苗幼树的大小结构和空间格局,结合其更新优劣情况评价,可以在一定程度上预测种群在数量上的动态,再结合群落环境可以预测该种群在群落中的作用、地位及未来发展趋势^[1-4]。目前,针对更新幼苗幼树的研究主要集中在单一分析其更新空间结构和影响因素上^[5-7],也有部分研究侧重于更新评价^[8-9],但综合考虑常绿阔叶林更新幼苗分布格局并评价其更新状况的研究很少,特别是针对福建地区常绿阔叶林幼苗更新方面的研究更少。因此,本研究用幼苗幼树株高划分等级,以代表不同生长阶段,分析天然更新幼苗幼树的大小结构;采用郑元润^[10]、谢佳彦等^[11]和闫淑君等^[12]的方差/均值法分析更新幼苗幼树的空间分布格局,并结合 4 种聚集度指标进行检验;选择平均密度、平均地径和平均盖度 3 个指标,采用因子分析法,综合评价福建将乐林场常绿阔叶林幼苗更新情况,旨在为当地常绿阔叶林的生产经营提供参考依据。

1 研究区概况

研究区位于福建省将乐国有林场,地处武夷山支脉,为闽西北低山丘陵地带,金溪河畔,地理坐标为 117°05′~117°40′E、26°26′~27°04′N,属于中亚热带沿海海洋性季风气候,具有海洋性和大陆性气

候特点,年平均气温 18.7℃,年平均降雨量 1 669 mm,气候温润。该区属于闽西北隆起带,平均海拔 400~800 m,属褶皱山地地貌,山势狭长,山矮坡陡。土壤质地为沙壤土或者轻壤土,块状结构,紧实度适中,比较潮湿。

将乐林场总面积 7 113.6 hm²,有林地面积 6 568.9 hm²,森林覆盖率达到 92.3%,其中常绿阔叶林占 13.09%,主要树种是栲树(*Castanopsis fargesii*)、木荷(*Schima superba*)、拟赤杨(*Alniophyllum fortunei*)、甜槠(*Castanopsis eyrei*)、米槠(*Castanopsis carlesii*)、青冈(*Cyclobalanopsis chungii*)等。

2 研究方法

2.1 调查方法

选择并设置有代表性的 20 m×30 m 的样地 19 块,在样地的四角和中心取 5 个 5 m×5 m 的小样方,在小样方内调查更新幼苗幼树(胸径<5 cm)的树种、苗高、地径(胸径)、盖度及密度。样地更新株数通过各样地 5 个小样方更新株数换算得到,各树种幼苗的平均地径、平均盖度和平均密度分别为 5 个小样方地径、盖度及密度的平均值。

2.2 更新幼苗幼树等级的划分

用幼苗幼树的株高划分其等级^[9](表 1),以代表不同生长阶段,并进一步分析幼苗幼树更新的动态。

表 1 更新幼苗幼树等级的划分
Table 1 Grading of the regeneration seedlings

等级 Grade	I 级 Grade I	II 级 Grade II	III 级 Grade III	IV 级 Grade IV	V 级 Grade V
标准 Standard	$h \leq 30\text{ cm}$	$30\text{ cm} < h \leq 60\text{ cm}$	$60\text{ cm} < h \leq 100\text{ cm}$	$100\text{ cm} < h \leq 200\text{ cm}$	$h > 200\text{ cm}, d \leq 7.5\text{ cm}$

注:h. 苗高;d. 胸径。
Note:h. Seedling height;d. Breast-high diameter.

结合更新幼苗幼树等级划分标准,规定主要树种在小苗、大苗和幼树 3 个阶段的标准:小苗为 I 级和 II 级,用 S 表示;大苗为 III 级和 IV 级,用 M 表示;

幼树为 V 级,用 L 表示。
2.3 幼苗幼树空间分布格局的评定
幼苗幼树空间分布格局的测定采用方差/均值

(V/m)法,并用 T 检验确定实测值与预测值的偏离程度,结合 Lloyd 聚块性指标(m^*/m)、丛生指标(I)、负二项参数(K)和 Cassie 指标(CA)等^[13-16]进行综合分析。

2.4 幼苗幼树更新状况的评价

首先对 19 块样地数据做 KMO 和 Bartlett 检验,以确定数据是否适合做因子分析,再用因子分析法查看平均密度(X_1)、平均地径(X_2)和平均盖度(X_3)3 个评价指标的方差贡献率,用软件 SPSS18.0 通过“分析→降维→因子分析”处理 19 块样地数据,将上述 3 个指标用一个综合指标表示,将该指标定义为天然更新优劣得分因子(F),最后根据每个树种的得分反映其更新状况的优劣^[8-9]。

3 结果与分析

3.1 主要树种更新幼苗幼树密度的分布

分别统计样地内不同等级的幼苗幼树株数,计

表 2 福建将乐林场常绿阔叶林主要树种更新幼苗幼树密度的分布

Table 2 Distribution of major regeneration seedlings in evergreen broad-leaf forest in Jiangle Forest Farm, Fujian

树种 Species	株/hm ²						比例/% Proportion
	I 级 Grade I	II 级 Grade II	III 级 Grade III	IV 级 Grade IV	V 级 Grade V	总计 Total	
黄瑞木 <i>Cornus stolonifera</i>	556	361	366	302	112	1 697	22.22
栲树 <i>Castanopsis fargesii</i>	400	205	190	132	49	976	12.78
细齿柃 <i>Eurya nitida</i>	298	200	185	166	83	932	12.20
细枝柃 <i>Eurya loquaiana</i>	288	176	151	137	44	796	10.42
老鼠刺 <i>Ilex pernyi</i>	283	156	102	83	39	663	8.68
黄润楠 <i>Phoebe zhennan</i>	249	141	122	102	59	673	8.81
山矾 <i>Symplocos caudata</i>	200	141	112	68	20	541	7.08
欒木 <i>Loropetalum chinensis</i>	185	107	93	98	10	493	6.45
苦槠 <i>Castanopsis sclerophylla</i>	185	83	78	73	29	448	5.87
木荷 <i>Schima superba</i>	127	107	78	83	24	419	5.49
总计 Total	2 771	1 677	1 477	1 244	469	7 638	100.00
比例/% Proportion	36.27	21.96	19.34	16.29	6.14	100.00	

3.2 主要树种更新幼苗幼树的空间分布格局

聚集度指标测定结果(表 3)表明,林分主要树种的方差/均值(V/m)比率均大于 1,4 种聚集度指标出现的结果分别为 $m^*/m>1$ 、 $I>0$ 、 K 值均小于 8(K 大于 8 时接近于泊松分布)、 $CA>0$;黄瑞木 V/m 值为 135.64,聚集程度最强;木荷 V/m 值为 10.48,聚集程度最弱。对 V/m 的显著性检验结果也表明,除木荷聚集度差异显著外,其余树种聚集度差异均极显著,说明将乐林场常绿阔叶林主要树种更新幼苗幼树的空间分布格局均呈明显的聚集分布。

根据前人对不同方法在种群分布格局分析中适用性的研究^[10],在分析幼苗不同阶段聚集强度时以 m^*/m 值为主,其他指标值共同检验。如表 4 所示,

算各等级幼苗幼树的密度,结果见表 2。从表 2 可以看出,林分幼苗幼树密度平均为 7 638 株/hm²,I 级幼苗密度最大,为 2 771 株/hm²;V 级最小,仅 469 株/hm²。幼苗幼树密度随着等级增大而减小,呈明显的倒“J”型分布,与异龄林直径分布的特征^[17]相似。从 I 级到 V 级分布的幼苗密度比例分别为 36.28%,21.96%,19.34%,16.29%和 6.14%。进一步分析各级幼苗幼树密度的比例可以发现,幼苗幼树在生长过程中存在 2 个密度骤减的过程,分别是 I 级到 II 级和 IV 级到 V 级,说明这 2 个阶段幼苗竞争较为激烈,其他阶段幼苗密度变化不大,相对稳定。

树种中黄瑞木更新幼苗幼树最多,所占比例为 22.22%;其次为栲树、细齿柃和细枝柃,所占比例分别为 12.78%,12.20%和 10.42%;其余树种所占比例均较小。

同一树种的更新幼苗在不同发育阶段,其空间分布格局存在差异,各主要树种在小苗、大苗和幼树 3 个阶段的空间分布格局都呈聚集分布,在不同阶段聚集强度有所不同。随着幼苗株高的增大,大部分树种 m^*/m 值逐渐增大,聚集强度逐渐增强,以栲树、苦槠和木荷最为明显,黄瑞木和欒木聚集强度随株高增大基本没有变化,细枝柃随株高增大聚集强度逐渐减弱。一般天然更新种的分布格局是由随机向集群分布转变^[18-20],但细枝柃反之,黄瑞木和欒木规律性不强,说明随着常绿阔叶林的演替,这些树种将逐渐减少,甚至消失;而栲树、苦槠和木荷等栲类树种种群天然更新规律明显,有发展成群落主要种种的趋势。

表 3 福建将乐林场常绿阔叶林主要树种更新幼苗幼树的空间分布格局

树种 Species	V/m	T 检验 T test	分布 Distribution	m^*/m	I	K	CA
黄瑞木 <i>Cornus stolonifera</i>	135.64	32.66**	聚集 Clump	1.01	134.64	0.93	1.07
栲树 <i>Castanopsis fargesii</i>	25.45	6.31**	聚集 Clump	1.02	24.45	2.58	0.39
细齿柃 <i>Eurya nitida</i>	51.83	14.67**	聚集 Clump	1.01	50.83	1.56	0.64
细枝柃 <i>Eurya loquaiana</i>	35.14	8.54**	聚集 Clump	1.02	34.14	1.46	0.68
老鼠刺 <i>Ilex pernyi</i>	35.54	8.63**	聚集 Clump	1.02	34.54	1.31	0.76
黄润楠 <i>Phoebe zhennan</i>	15.99	4.16**	聚集 Clump	1.02	14.99	3.17	0.32
山矾 <i>Symplocos caudata</i>	33.71	10.35**	聚集 Clump	1.02	32.71	1.44	0.69
欒木 <i>Loropetalum chinensis</i>	22.01	12.13**	聚集 Clump	1.01	21.01	5.57	0.18
苦槠 <i>Castanopsis sclerophylla</i>	33.42	10.25**	聚集 Clump	1.03	32.42	1.18	0.85
木荷 <i>Schima superba</i>	10.48	2.63*	聚集 Clump	1.04	9.48	2.70	0.37

注: * 表示在 $P<0.05$ 水平差异显著, ** 表示在 $P<0.01$ 水平差异显著; V/m 、 m^*/m 、 I 、 K 和 CA 分别为方差/均值、聚块性指标、丛生指标、负二项参数和 Cassie 指标。表 4 同。

Note: * shows significant difference at $P<0.05$, ** shows significant difference at $P<0.01$; V/m . Variance/mean; m^*/m . Patches index; I . Clump; K . Negative binomial distribution index; CA. Cassie index. The same for table 4.

表 4 福建将乐林场常绿阔叶林主要树种各立木级的分布格局

树种 Species	立木级 Tree class	V/m	T 检验 T test	分布 Distribution	m^*/m	I	K	CA
黄瑞木 <i>Cornus stolonifera</i>	S	114.22	27.46**	聚集 Clump	1.02	113.22	0.53	1.89
	M	53.14	1.90	聚集 Clump	1.02	52.14	0.87	1.15
	L	42.78	22.00**	聚集 Clump	1.05	41.78	0.48	2.07
栲树 <i>Castanopsis fargesii</i>	S	24.84	6.16**	聚集 Clump	1.03	23.84	1.60	0.62
	M	13.65	2.05	聚集 Clump	1.06	12.65	1.39	0.72
	L	10.89	4.81**	聚集 Clump	1.16	9.89	0.63	1.59
细齿柃 <i>Eurya nitida</i>	S	26.90	7.48**	聚集 Clump	1.03	25.90	1.47	0.68
	M	22.55	2.88*	聚集 Clump	1.03	21.55	1.55	0.65
	L	21.45	7.10**	聚集 Clump	1.13	20.45	0.38	2.62
细枝柃 <i>Eurya loquaiana</i>	S	18.31	4.33**	聚集 Clump	1.05	17.31	1.25	0.80
	M	29.25	6.53**	聚集 Clump	1.04	28.25	0.83	1.20
	L	2.88	0.29	聚集 Clump	1.02	1.88	2.64	0.38
老鼠刺 <i>Ilex pernyi</i>	S	19.49	4.77**	聚集 Clump	1.04	18.49	1.32	0.76
	M	47.09	9.65**	聚集 Clump	1.05	46.09	0.42	2.39
	L	27.42	2.74*	聚集 Clump	1.08	26.42	0.45	2.24
黄润楠 <i>Phoebe zhennan</i>	S	15.95	4.15**	聚集 Clump	1.05	14.95	1.25	0.80
	M	5.65	1.12	聚集 Clump	1.06	4.65	3.89	0.26
	L	18.86	15.94**	聚集 Clump	1.09	17.86	0.60	1.67
山矾 <i>Symplocos caudata</i>	S	25.36	7.70**	聚集 Clump	1.04	24.36	1.08	0.93
	M	30.44	3.82**	聚集 Clump	1.06	29.44	0.53	1.90
	L	7.15	1.61	聚集 Clump	1.08	6.15	0.89	1.13
欒木 <i>Loropetalum chinensis</i>	S	21.89	12.06**	聚集 Clump	1.02	20.89	2.46	0.41
	M	9.61	0.71	聚集 Clump	1.03	8.61	3.58	0.28
	L	15.82	20.77**	聚集 Clump	1.03	14.82	2.36	0.42
苦槠 <i>Castanopsis sclerophylla</i>	S	12.07	3.50**	聚集 Clump	1.05	11.07	1.83	0.55
	M	23.29	6.36**	聚集 Clump	1.09	22.29	0.49	2.05
	L	9.59	1.35	聚集 Clump	1.19	8.59	0.61	1.64
木荷 <i>Schima superba</i>	S	16.25	4.23**	聚集 Clump	1.09	15.25	0.72	1.38
	M	8.86	1.86	聚集 Clump	1.13	7.86	0.99	1.01
	L	5.16	2.24*	聚集 Clump	1.15	4.16	1.64	0.61

注: S. 小苗; M. 大苗; L. 幼树。

Note: S. Plantlet; M. Large seedling; L. Sapling tree.

3.3 主要树种幼苗幼树更新状况的评价

对数据做 KMO 和 Bartlett 检验,结果显示,

KMO 统计量为 0.41, Bartlett 检验显著性水平为 0.00, 表明显著性水平很高, 说明数据适合做因子分

析。从因子分析结果(表 5)看,前 2 个因子的累计贡献率为 98.46%,满足因子个数对累计贡献率的要求。使用主成分分析法提取 2 个因子进行分析,并定义因子为 F_1 和 F_2 。

表 5 福建将乐林场常绿阔叶林主要树种的因子分析

成分 Component	初始特征值 Initial eigenvalues			提取因子平方和 The sum of squares of extraction factor		
	特征值 Eigenvalue	方差贡献率/% Variance proportion	累计方差贡献率/% Cumulative variance proportion	特征值 Eigenvalue	方差贡献率/% Variance proportion	累计方差贡献率/% Cumulative variance proportion
1	2.28	76.24	76.24	2.28	76.24	76.24
2	0.67	22.22	98.46	0.67	22.22	98.46
3	0.05	1.54	100.00			

表 6 为用方差最大法旋转前后的因子载荷矩阵,可以看出旋转前后的方差贡献率和因子载荷都发生了变化,再结合表 5 信息可以看出方差贡献率总和不变,仍为 98.46%,但旋转后因子载荷提取的信息量更向 F_1 、 F_2 因子集中。 F_1 因子包含了平均密度 0.85 的信息,平均盖度 0.98 的信息,几乎为全部信息,将其定义为苗木密度因子。 F_2 因子包含了平均地径 0.97 的信息,几乎为全部信息,将其定义为苗木生长因子。再以提取因子方差贡献率为权重,可得到林地更新优劣得分因子 $F=(0.58F_1+$

$0.40F_2)/0.99$,由此可计算得到各主要树种天然更新效果评价的综合得分。

将各树种综合得分以降序排列,并生成柱状图,结果如图 1 所示。由图 1 可以看出,天然更新优劣状况因子得分最高的是黄端木,为 0.53;最低的是栲树,为-0.85。各主要树种的更新优劣状况排序依次为:黄端木、木荷、细枝桉、山矾、欒木、细齿桉、黄润楠、老鼠刺、苦槠、栲树。评价结果表明,黄端木更新效果最好,其次是木荷,但黄端木不是常绿阔叶林的优势树种,更新抚育时应以木荷等树种为主。

表 6 各评价指标旋转前后的因子载荷矩阵

旋转 Rotation	成分 Component	平均密度 X_1 Number per unit area	平均地径 X_2 Average ground diameter	平均盖度 X_3 Average coverage
前 Before	1	0.98	-0.74	0.88
	2	0.09	0.67	0.47
后 After	1	0.85	-0.22	0.98
	2	-0.50	0.97	-0.13

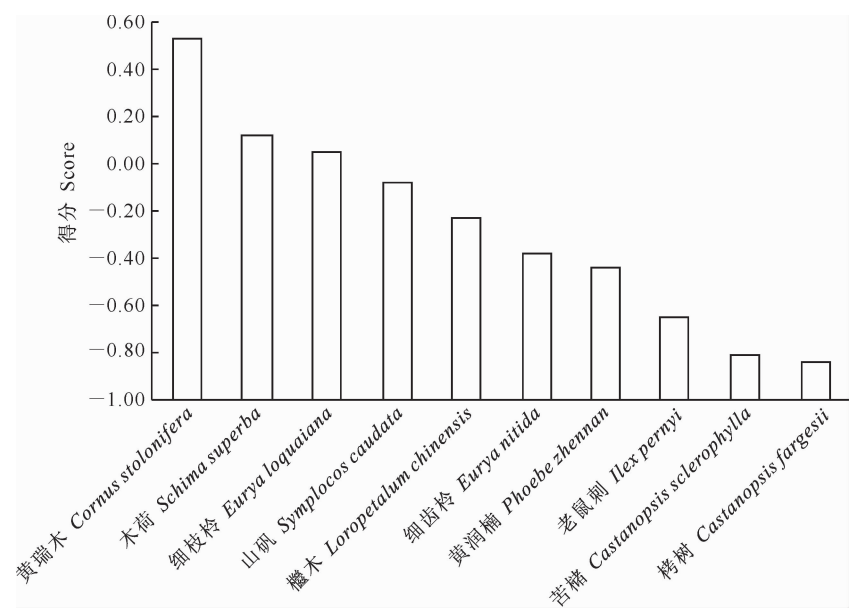


图 1 福建将乐林场常绿阔叶林主要树种天然更新的优劣状况比较

Fig. 1 Comparison of natural regeneration levels of major tree species in evergreen broad-leaf forest major in Jiangle Forest Farm,Fujian

4 讨 论

由本研究结果可知,黄瑞木的更新幼苗最多,幼树聚集强度最大,更新情况最好,但黄瑞木并不是常绿阔叶林的优势树种。黄瑞木一般为落叶灌木或小乔木,最高可达 5 m 左右,耐寒喜光,在常绿阔叶林中主要为林下灌木,由于将乐林场大部分常绿阔叶林受干扰破坏严重,林相残破,林下阳光充足,黄瑞木平均高度能达到 4~5 m,但因树种特征限制,一般不能长成大乔木,所以不是常绿阔叶林的优势树种。

作为常绿阔叶林的主要树种栲树、苦槠和木荷,均属于栲类树种,从幼苗更新分布格局来看,均随着幼苗株高增大聚集程度增强,符合一般种群的天然更新趋势,说明随着常绿阔叶林的演替,栲树等树种有发展成群落主要树种的趋势。将乐林场属于亚热带常绿阔叶林区,该区栲类树种多呈中等喜光,幼年耐荫,成年喜光,更新幼苗生长状况应较好,但从更新评价的结果来看,除木荷外,栲树和苦槠天然更新状况很差,与理论预测不符,这主要是由于将乐林场大部分常绿阔叶林林相残破,部分林分有林窗存在,林下阳光充足,不利于栲类幼苗生长,导致其更新状况不佳。

本研究通过加入各树种平均地径和平均盖度指标,改变了以平均密度为单一指标进行评价的传统方法,用因子分析法综合考虑了更新幼苗的密度因子和生长因子,使评价结果兼顾幼苗密度和长势效果,解决了单一指标评价与生产实际存在偏差的问题,为以后林地更新评价提供了一种新的参考方法。但在分析各树种大小等级及其分布格局时,没有考虑到各样地内是否存在林窗,以及同一种群格局强度与样地大小存在的关系等,还有待进一步研究。

结合本研究结果,建议对将乐地区常绿阔叶林可适当进行人为辅助更新,抚育过程中以促进栲树、苦槠和木荷等栲类树种生长为主,疏伐黄瑞木幼苗等,具体实施措施以林分经营目标为准。在以后的常绿阔叶林经营管理中,加强保护措施,降低人为干扰破坏,以实现天然更新。

5 结 论

福建将乐林场常绿阔叶林不同等级的更新幼苗幼树,以Ⅰ级密度最多,Ⅴ级最少,密度随着等级增大而减少,呈明显的倒“J”型分布。幼苗生长过程中,分别在Ⅰ级到Ⅱ级和Ⅳ级到Ⅴ级存在 2 个株数

骤减的过程,Ⅱ级、Ⅲ级、Ⅳ级幼苗株数变化不大。主要树种中,更新幼苗最多的为黄瑞木,其次为栲树,其余树种所占比例均较小。

通过方差/均值法及 4 种聚集度指标共同检验,将乐林场常绿阔叶林林分内主要树种更新幼苗的空间格局均呈聚集分布;进一步研究发现,同一树种在不同发育阶段聚集强度存在差异,除细枝桉是小苗的聚集强度较大外,其余树种均是幼树聚集强度较大,栲树、苦槠和木荷最为明显,说明随着常绿阔叶林的演替,栲树等树种有发展成群落主要树种的趋势。但更新评价结果显示,栲树更新效果并不佳,主要是由于当地常绿阔叶林受到严重干扰所致。

【参考文献】

- [1] 乌吉斯古楞,王俊峰,郑小贤,等. 金沟岭林场过伐林更新幼苗空间结构分析 [J]. 中南林业科技大学学报,2009(4):21-25.
Wu J S G L, Wang J F, Zheng X X, et al. Spatial structure pattern of regeneration seedlings from over-logged forest in Jingouling Forest Farm [J]. Journal of Central South University of Forestry and Technology, 2009(4):21-25. (in Chinese)
- [2] Greig-Smith P. Data on pattern within plant communities: I. The analysis of pattern [J]. J Ecol, 1961, 49:695-702.
- [3] 赵 阳,余新晓,黄枝英,等. 北京西山侧柏水源涵养林空间结构特征研究 [J]. 水土保持研究, 2011, 18(4):184-188.
Zhao Y, Yu X X, Huang Z Y, et al. Spatial structure characteristic of *Platycladus orientalis* forests in Beijing Xishan Mountain [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2011, 18(4):184-188. (in Chinese)
- [4] 符婵娟,刘艳红,赵本元. 神农架巴山冷杉群落更新特点及影响因素 [J]. 生态学报, 2009, 29(8):4180-4186.
Fu C J, Liu Y H, Zhao B Y. Regeneration characteristics and influencing factors of *Abies fargesii* forests in Shennongjia National Nature Reserve [J]. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(8):4180-4186. (in Chinese)
- [5] Leak W B. An expression of diameter distribution for unbalanced, uneven-age stands and forests [J]. For Sci, 1964, 10:39-50.
- [6] 王俊峰. 长白山过伐林区主要森林类型空间分布格局与林分更新研究 [D]. 北京:北京林业大学, 2005.
Wang J F. Study on the spatial distribution patterns and regeneration of main forest types in over-cutting forest area in Changbai Mountains [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2005. (in Chinese)
- [7] Campagne P, Roche P. Factors explaining shrub species distribution in hedgerows of a mountain landscape [J]. Arg Ecosyst Environ, 2006, 116(3):244-250.
- [8] 吴明山,许彦红,王俊峰,等. 因子分析在林地更新评价中的应用:以香格里拉高山松为例 [J]. 西南林业大学学报, 2011(6):36-44.
Wu M S, Xu Y H, Wang J F, et al. Application of factor analy-

sis to evaluation of forest regeneration;A case study of *Pinuns densata* forest in Shangri-la County [J]. Journal of Southwest Forestry University,2011(6):36-44. (in Chinese)

[9] 吴明山,许彦红,王俊峰,等. 香格里拉高山松天然更新评价分析 [J]. 安徽农业科学,2012(1):223-225.
Wu M S,Xu Y H,Wang J F,et al. Analysis on natural regeneration evaluation of *Pinuns densata* in Shangri-la [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences,2012(1):223-225. (in Chinese)

[10] 郑元润. 不同方法在沙地云杉种群分布格局分析中的适用性研究 [J]. 植物生态学报,1997(5):89-93.
Zheng Y R. The applicability of various methods in analysis of *Picea mongolica* population spatial distribution pattern [J]. Acta Phytoecologica Sinica,1997(5):89-93. (in Chinese)

[11] 谢佳彦,邓志平. 杭州五云山米槠种群幼苗大小结构及空间分布格局研究 [J]. 生态学杂志,2003(5):35-39.
Xie J Y,Deng Z P. Spatial pattern and size structure of *Cas-tanopsis carlesii* population in Wuyun Mountain [J]. Chinese Journal of Ecology,2003(5):35-39. (in Chinese)

[12] 闫淑君,洪 伟,吴承祯,等. 武夷山天然米槠林优势种群结构与分布格局 [J]. 热带亚热带植物学报,2002(1):15-21.
Yan S J,Hong W,Wu C Z,et al. The structure and distribution pattern of dominant populations in *Castanopsis carlesii* community [J]. Journal of Tropical and Subtropical Botany,2002(1):15-21. (in Chinese)

[13] 张金屯. 植被数量生态学方法 [M]. 北京:中国科学技术出版社,1995:256-267.
Zhang J T. The method of vegetation quantitative ecology [M]. Beijing:China Science and Technology Press,1995:256-267. (in Chinese)

[14] 洪 伟. 闽江流域森林生态研究 [M]. 厦门:厦门大学出版社,2000.
Hong W. Forest ecological study in the Minjiang Basin [M]. Xiamen:Xiamen University Press,2000. (in Chinese)

[15] 王峥峰,安树青,朱学雷,等. 热带森林乔木种群分布格局及其研究方法的比较 [J]. 应用生态学报,1998(6):17-22.
Wang Z F,An S Q,Zhu X L,et al. Distribution pattern of tree populations in tropical forest and comparison of its study methods [J]. Chinese Journal of Applied Ecology,1998(6):17-22. (in Chinese)

[16] Greig-Smith P. Quantitative plant ecology [M]. California:University of California Press,1983:54-104.

[17] 潘文君,王 琳. 对典型异龄林直径分布的研究 [J]. 林业勘查设计,2004,129(1):32-34.
Pan W J,Wang L. Research on typical diameter distribution of uneven-aged forest [J]. Forest Investigation Design,2004,129(1):32-34. (in Chinese)

[18] Lieberman M,Lieberman D. Age-size relationships and growth behavior of the palm *Welfia georgii* [J]. Biotropica,1988,20(4):270-273.

[19] 闫淑君,洪 伟,吴承祯. 福建万木林中亚热带常绿阔叶林林隙更新研究 [J]. 林业科学,2004(6):25-31.
Yan S J,Hong W,Wu C Z. Gap phase regeneration in mid-subtropical evergreen broad-leaved forest in Wanmulin,Fujian [J]. Scientia Silvae Sinicae,2004(6):25-31. (in Chinese)

[20] 刘晓东,张彦雷. 东折棱河森林经营所红松混交林的天然更新 [J]. 东北林业大学学报,2009,37(9):8-11.
Liu X D,Zhang Y L. Natural regeneration of Korean Pine mixed forests in Dongzhelenghe forest station,Xiaoxing'an Mountains [J]. Journal of Northeast Forestry University,2009,37(9):8-11. (in Chinese)