

浙江天童舟山新木姜子群落结构及其更新类型

杨同辉^{1,2}, 王良衍³

(1. 华东师范大学 地理信息科学教育部重点实验室, 上海 200062; 2. 浙江省宁波市农业科学研究院, 浙江宁波 315040; 3. 浙江省宁波市鄞州区天童林场 浙江 宁波 315114)

摘要: 舟山新木姜子 *Neolitsea sericea* 是主要分布在舟山群岛区域的珍稀树种。在进行宁波市生态公益林调查中发现天童林场有舟山新木姜子天然群落, 采用标准样地法, 对这一大陆种群进行群落学调查, 分析了舟山新木姜子及其主要组成种群落结构。在与舟山原产地生境和个体形态比较基础上, 讨论了天童林场舟山新木姜子的群落起源及其更新类型。结果表明: 群落为 4 种共优势种群落, 林木层中出现木本植物 21 科 41 种; 种群结构有 4 种类型: 逆 J 字型、单峰型、单柱型和 L 字型。逆 J 字型的舟山新木姜子更新个体和萌枝较多, 将维持舟山新木姜子在群落中的优势地位。群落现处于灌丛阶段, 与大猫种源舟山新木姜子生境较一致; 叶形态与普陀种源的舟山新木姜子基本相同, 因此推测该群落可能起源于普陀种源舟山新木姜子的种子漂移。图 2 表 1 参 24

关键词: 森林生态学; 舟山新木姜子; 天然分布; 群落结构; 更新类型

中图分类号: S718.54 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-5692(2010)06-0877-07

Community structure and regeneration types of *Neolitsea sericea* in Tiantong, Zhejiang Province

YANG Tong-hui^{1,2}, WANG Liang-yan³

(1. Key Laboratory of Geographic Information Science, Ministry of Education, East China Normal University, Shanghai 200062, China; 2. Ningbo Academy of Agricultural Science, Ningbo 315040, Zhejiang, China; 3. Tiantong National Forest Park, Ningbo 315114, Zhejiang, China)

Abstract: *Neolitsea sericea*, a rare tree species, is mainly distributed in the Zhoushan Archipelago Region. In Tiantong of Ningbo, the natural distribution of the *N. sericea* community (1 200 m²) was found within surveying ecological service forests. To determine the structure and quantify the *N. sericea* community, all woody species within 30 m×30 m quadrats were identified and measured. Then, based on size-class and frequency distribution patterns, woody plant species were categorized into regeneration types. Forty-one species of plants, belonging to 21 families, were recorded in the woody layer with four dominant species. Woody species regeneration was categorized into four types: Inverse-J, Unimodal, Unibar, and L (layering) type, with *N. sericea* being an Inverse-J type species. Thus, *N. sericea*, which regenerated through new stems and sprouts, was a long-lived, dominant woody species in the community. The habitat of this shrub community was similar to that of Damao Island, whereas its leaves were mostly like those of Putuo Island. [Ch, 2 fig. 1 tab. 24 ref.]

Key words: forest ecology; *Neolitsea sericea*; natural distribution; community structure; regeneration type

舟山新木姜子 *Neolitsea sericea* 是樟科 Lauraceae 舟山新木姜子属 *Neolitsea* 常绿乔木^[1]。该种是主

收稿日期: 2009-12-18; 修回日期: 2010-01-21

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40971041); 宁波市科技局重大科技攻关项目(2005B110005); 宁波市科技计划项目(2007C10059)

作者简介: 杨同辉, 博士研究生, 从事地理信息系统应用研究。E-mail: heliosx@163.com

要分布在舟山群岛区域的珍稀树种,在《中国珍稀濒危保护植物名录》第1册中被称为二级保护对象。王国明等^[2-5]对舟山群岛的舟山新木姜子等种质资源分布状况及其区系进行了详细调查分析,并进行了人工繁育、园林绿化及生态应用研究^[6-12]。2007年,宋国元^[13]确认上海崇明佘山岛的舟山新木姜子为野生种,此前,在宁波北仑区柴桥也发现该种,但是否为天然分布尚未考证^[14]。2008年初,作者在进行宁波全市生态公益林调查中,发现鄞州区天童林场有舟山新木姜子分布。经野外调查并核实天童林场植物引种和造林记录,确认该地舟山新木姜子群落系天然分布,为该种的一新增分布点。采用标准样地法进行群落调查,现将结果报道如下。

1 研究区域和方法

1.1 研究区域概况

天童林场位于浙江省宁波市鄞州区东南部,距宁波市区28 km,29°48'N,121°47'E,面积为349 hm²。该地森林植被保存良好,是浙江省东部丘陵地区地带性植被类型的代表性地段。气候为温暖潮湿的亚热带季风气候。年平均气温为16.2℃,最热月为7月,平均温度为28.1℃;最冷月为1月,平均气温为4.2℃;大于10℃的年积温为5 166.2℃,吉良的温暖指数是135℃·月,寒冷指数是-0.8℃·月。年降水量为1 374.7 mm,多集中在夏季。年平均相对湿度为82%,变率不大。年蒸发量为1 320.1 mm,小于降水量。林场内土壤主要为山地黄红壤,成土母质主要是中生代的沉积岩及部分酸性火成岩和花岗岩残积风化物^[15]。

1.2 样方设置和群落调查

天童林场盘山林区楼夹岙西北坡(WN30°),海拔高度约395 m,从山脊线沿坡向平行向下,舟山新木姜子种群分布面积约有1 200 m²,在分布密度较大区域利用森林罗盘仪设置了1个30 m×30 m(水平投影,闭合差≤5%)永久样方,坡度35°。对样方内所有高度超过1.5 m的林木层木本植物进行每木调查。首先鉴别每株植物种类,测定记录其胸径(D_{BH} , cm),高度(H , m),枝下高(H_B , m),并测定它在样方内的坐标位置。对植株中高度超过1.5 m的萌枝也同时测定记录胸径。对于样方内高度低于1.5 m的草本层植物,首先分种记录其最大高度(H_{max} , m),多盖度及其生长情况,多盖度的综合级的计量采用Braun-Blanquet推测的目测估计^[16],其次对于乔木幼树,分别记录每株个体高度(H , m)。

1.3 数据分析方法

1.3.1 优势度分析 群落的优势种由优势度分析法^[17]确定。公式如下:

$$d = 1/N \left\{ \sum_{i \in T} (x_i - x)^2 + \sum_{j \in u} x_j^2 \right\}。$$

其中, x_i 为按照相对基部面积(R_{BA} , %)由大至小排列的前位树种(top species)的 R_{BA} 值, x 为优势种(dominant species)数量确定的优势种理想百分比(ideal percentage share), x_j 为剩余种(remaining species)的百分比(u)。 N 为种总数。如果群落只有1个优势种,则优势种的理想百分比为100%。如果有2个优势种,则它们的理想百分比为50%,如果有3个优势种,则理想百分比为33.3%,依次类推。

1.3.2 多样性指数 多样性指数采用Shannon-Wiener指数^[18]:

$$D_{sw} = - \sum_{i=1}^s P_i \log_2 P_i。$$

其中, P_i 为第*i*种的相对数量(相对优势度), S 是群落的物种数。

林木层和林床分别用相对基部面积的百分比值(R_{BA})和相对体积当量(R_{VEV})来表征每个种的相对优势度。其中,相对体积当量由如下公式确定:

$$R_{VEV} = \frac{H_i \times C_i}{\sum_{i=1}^s H_i \times C_i}。$$

其中, H_i 为第*i*种的最大高度(m), C_i 为第*i*种的盖度(%)。

2 研究结果

2.1 群落种类组成

所调查的群落林木层中出现木本植物 21 科 41 种，多样性指数 (D_{sw}) 为 2.34。从生活型来看，常绿阔叶树 14 种，落叶阔叶树 27 种。常绿阔叶树种以樟科，壳斗科 Fagaceae，山茶科 Theaceae，冬青科 Aquifoliaceae，山矾科 Symplocaceae 的树种为主，占总种数的 34.15%，樟科有舟山新木姜子，红楠 *Machilus thunbergii*，紫楠 *Phoebe sheareri* 等；壳斗科主要有云山青冈 *Cyclobalanopsis sessilifolia*，石栎 *Lithocarpus glaber*，青冈 *Cyclobalanopsis glauca* 等；山茶科有木荷 *Schima superba*，连蕊茶 *Camellia fraternna*，隔药柃 *Eurya muricata*，窄基红褐柃 *Eurya rubyginosa* var. *attenuate* 等；冬青科有铁冬青 *Ilex rotunda* 等；山矾科主要有山矾 *Symplocos sumuntia* 等。落叶阔叶树种占总种数的 65.85%，主要有木兰科 Magnoliaceae 玉兰 *Magnolia denudata*，金缕梅科 Hamamelidaceae 枫香 *Liquidambar formosana*，胡桃科 Juglandaceae 化香 *Platycarya strobilacea* 和青钱柳 *Cyclocarya paliurus*，樟科红脉钓樟 *Lindera rubronervia*，钓樟 *Lindera reflexa* 和山鸡椒 *Litsea cubeba*，壳斗科白栎 *Quercus fabri*，榆科 Ulmaceae 朴树 *Celtis sinensis*，豆科 Leguminosae 山合欢 *Albizia kalkora* 和黄檀 *Dalbergia hupeana*，五加科 Araliaceae 槲木 *Aralia chinensis*，漆树科 Aceraceae 盐肤木 *Rhus chinensis*，大戟科 Euphorbiaceae 白背叶 *Mallotus apelta*，马鞭草科 Verbenaceae 大青 *Clerodendrum cyrtophyllum*，省沽油科 Staphyleaceae 野鸦椿 *Euscaphis japonica* 等。

群落为多种共优势类型，舟山新木姜子、玉兰、化香和枫香为该群落优势种，累积相对优势度 R_{BA} 达到了 66.19% (表 1)。其中常绿阔叶树种舟山新木姜子 R_{BA} 最大，达到了 35.45%，也具有最大胸径，为 33.3 cm。群落内 R_{BA} 超过 1% 的种有 15 个，除舟山新木姜子、红楠和云山青冈为常绿阔叶树种外，其余均为阳生性落叶阔叶树种，累积 R_{BA} 达 55.29%，这些树种也多是东部常绿阔叶林的伴生种或灌丛优势种、先锋种和建群种，如枫香、白栎、黄檀、青钱柳和山合欢等，平均胸径较大。

2.2 群落垂直结构

植株的高度级频率分布反映了树种在森林中的各种特征(如耐荫性、更新类型等)以及群落的分层

表 1 群落主要树种的种群参数

Table 1 Population parameters of main tree species in the community

序号	植物名称	最大高度 H_{max} /m	最大胸径 $D_{BH,max}$ /cm	平均胸径 $D_{BH,mean}$ /cm	相对优势度 R_{BA} /%	萌枝率/%
1	舟山新木姜子 *	10.8	33.3	6.14 ± 7.53	35.45	51.1
2	玉兰 *	12.7	23.2	5.96 ± 9.04	15.46	64.7
3	化香 *	8.8	18.5	4.49 ± 5.69	7.82	52.6
4	枫香 *	7.3	18.8	14.48 ± 5.32	7.46	0
5	青钱柳	11.7	26.0	10.13 ± 13.74	5.54	0
6	白栎	6.5	22.3	13.90 ± 11.88	4.26	0
7	朴树	9.6	22.5	8.13 ± 12.44	4.11	33.3
8	山合欢	6.4	18.4	9.95 ± 11.95	2.76	0
9	黄檀	6.8	16.3	11.86 ± 6.29	2.59	0
10	红楠	6.4	8.6	3.30 ± 3.09	2.24	50
11	云山青冈	6.7	13.2	11.9 ± 1.84	2.32	0
12	槲木	4.3	2.9	1.99 ± 0.62	1.48	2.4
13	盐肤木	4.3	3.5	1.81 ± 0.68	1.32	13.6
14	红脉钓樟	5.9	5.8	1.71 ± 1.60	1.27	58.6
15	白背叶	8.7	9.9	2.53 ± 2.38	1.22	15.4

说明：* 优势种，由优势种分析法计算得来；萌枝率指萌枝个体占总个体的比例。

结构^[19]。所调查的群落除草本层外,林木层可以分为2层(图1),由上至下分别为乔木层(第I层)和灌木层(第II层)。乔木层为14 m以下,个体高度级顶点在10~12 m,盖度65%左右,主要由玉兰、舟山新木姜子及青钱柳构成。灌木层为8 m以下,个体高度级顶点在6~8 m,盖度约45%,主要由落叶阔叶树种枫香、化香、青钱柳、白栎、朴树、黄檀、山合欢、山鸡椒、槲木、盐肤木、大青等,一些常绿阔叶树种红楠、石栎、云山青冈、红脉钓樟、钓樟、木荷、紫楠、连蕊茶、隔药铃、窄基红褐铃、山矾等以及群落优势种舟山新木姜子和玉兰幼树构成。

草本层高度小于1.5 m,盖度约95%,多样性指数仅为0.71。阔叶箬竹 *Indocalomus latifolius* 的盖度达到了75%左右,其次山莓 *Rubus corchorifolius*, 茅莓 *Rubus parvifolius*, 香花崖豆藤 *Millettia dielsiana*, 菝葜 *Smilax china*, 红盖鳞毛蕨 *Dryopteris erythrosora*, 狗脊 *Woodwardia japonica* 等种类相对优势度为1%以上,一些乔木幼树优势度在0.5%左右,如大青、山鸡椒、黄檀、舟山新木姜子、白栎、木荷、青冈等,另外伴生少量藤本植物,如广东蛇葡萄 *Ampelopsis cantoniensis*, 羊角藤 *Morinda umbellata*, 胡颓子 *Elaeagnus pungens* 和土茯苓 *Smilax glabra* 等。

2.3 主要组成种的种群年龄结构

所调查样方组成树种全部是活体,其中舟山新木姜子个体数最多,有46株,槲木和盐肤木的个体数也分别达到了42株和44株,而枫香、化香、青钱柳、白栎、朴树、黄檀、山合欢个体较少。主要树种胸径级频率分布呈现4种类型:逆J字型、单峰型、单柱型和L字型(图2)。逆J字型代表树种有舟山新木姜子和化香,个体的径阶分布为连续分布,并呈现出2个峰,即大胸径级处的小峰和小胸径级处的大峰,小径的后继个体较多,从种群的发展趋势看为成熟稳定类型。单峰型和单柱型代表树种较多,其中单峰型代表树种有玉兰、云山青冈、青钱柳、朴树、白栎、枫香、山合欢、黄檀、石栎等,其只有少数大胸径级个体出现,胸径级频率分布呈现一至数个不连续的单峰状胸径级,但缺乏小径阶的后继更新个体,从种群的发展趋势看属衰退类型;而单柱型树种只有在小胸径级处有个体分布和出现,无明显的增长趋势,代表树种有槲木、大青、盐肤木、山鸡椒、野鸦椿、钓樟、连蕊茶、铁冬青等,现阶段处于幼苗阶段的青冈、紫楠、木荷等乔木树种也呈现单柱型;而以红楠、红脉钓樟、白背叶、山矾、隔药铃、窄基红褐铃等为代表树种的L字型胸径级频率呈连续分布,其个体集中于小胸径阶处,无大径个体,从种群的发展趋势看为成长类型。

3 讨论

3.1 群落生境与个体形态

舟山新木姜子在舟山群岛分布生境与形态多样化^[14],不同种源舟山新木姜子立地条件与个体形态存在较大区别。本群落为次生性落叶阔叶林,位于西北山坡,土壤为山地黄棕壤,土层厚度0.5 m左右,与大猫种源舟山新木姜子分布群落的生境较为一致,但不同于舟山群岛种群的分布群落。同时,本群落中存有3株较大的舟山新木姜子个体(估计树龄在45 a左右),其树干、枝条形态与舟山种源个体性状并无区别;幼叶叶背密被金黄色绢状毛,老叶叶背粉绿色,贴生毛棕黄色,手感较为粗糙,这与普陀种源的舟山新木姜子叶形态基本相同,而明显区别于大猫种源的叶背密被银黄(白)色绢状毛、叶背粉白色、贴生毛极少、光滑的植株叶形态。这表明位于天童盘山的舟山新木姜子具有对海岛(海岸)气候的适应,推测可能起源于舟山普陀种源。

3.2 群落起源

基因流可以减轻种群间的空间隔离效应,从而增加总种群的有效种群数量,减缓小种群的近交衰退以及遗传变异能力的丧失^[20]。种子作为基因流的重要载体,其有效传播对种群自我更新与扩展、种

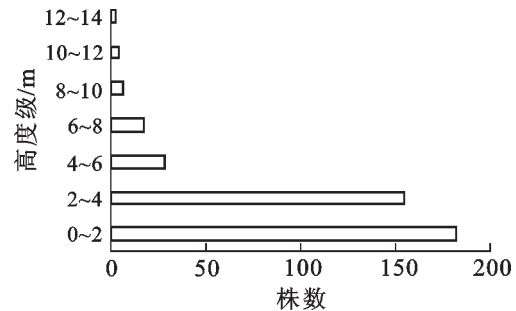


图1 样方全部种类的高度级频率分布图
Figure 1 Height-class frequency distribution for all the tree species in the community

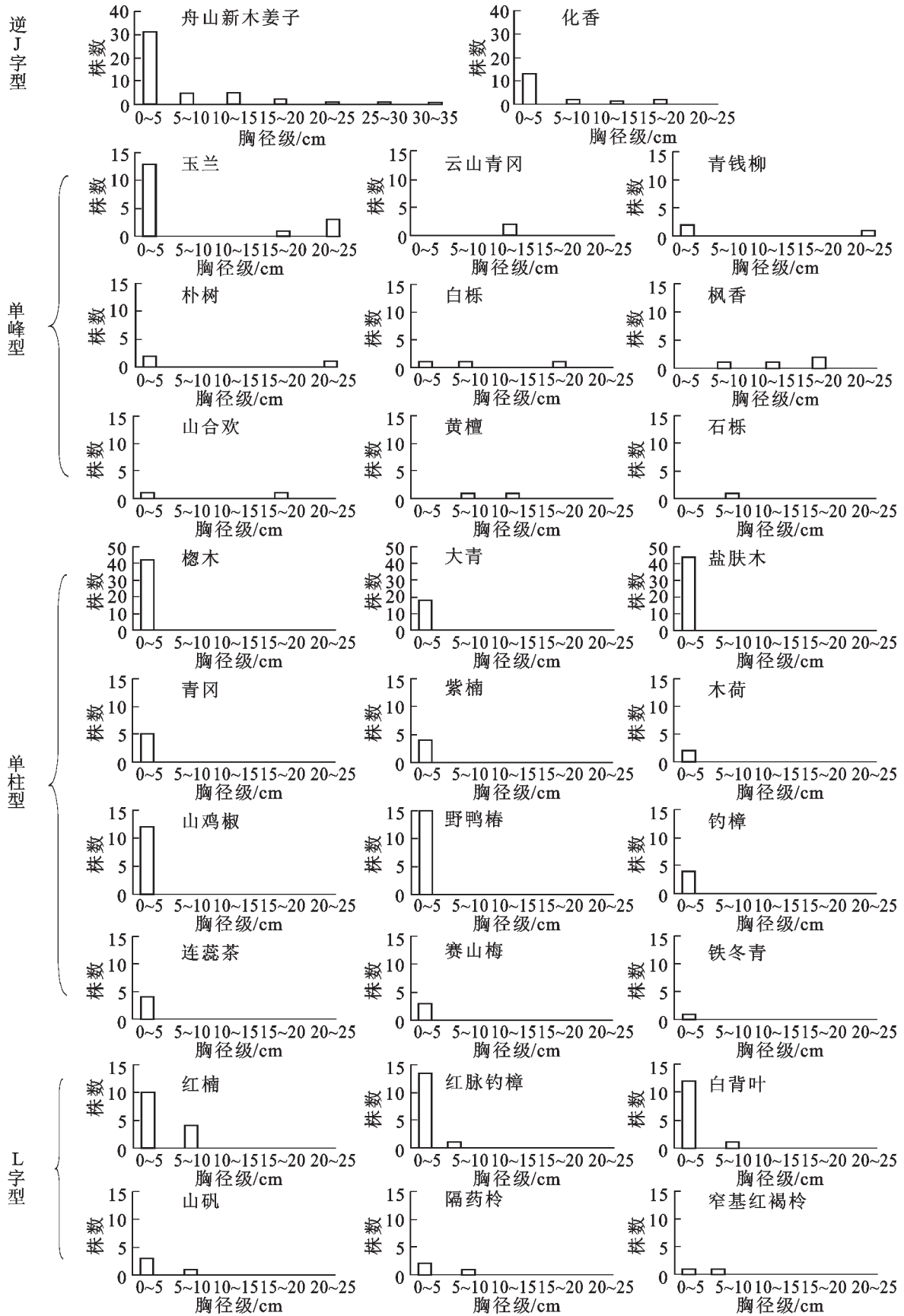


图 2 群落内主要组成树种的胸径级频率分布图

Figure 2 Diameter at breast height (D_{BH}) size class frequency distribution for main tree species in the community

群遗传多样性维持具有重要作用^[21-22]。岛屿间地理隔离限制了岛屿间种群花粉的有效散布,繁殖体洋流漂浮以及鸟类传播成为岛屿间交流的主要方式^[23]。宁波天童盘山与舟山普陀相隔宽阔海面,该群落直接起源于普陀山种子漂移的可能性较小,但两地之间相隔朱家尖岛、桃花岛、梅山岛等诸多大小岛屿,这些岛屿与大陆距离较近,可以增加种子在岛屿间漂移传播的机会。桃花岛也存在生于落叶阔叶林的普陀种源舟山新木姜子^[24],便是一佐证。因此该群落可能起源于离陆地较近的岛屿(如桃花岛等),但具体该种群起源需要通过基因分析手段得以确定。同时,宁波沿海与天童具有类似生境的低山丘陵广布,因而可推断从宁波北仑至奉化、宁海、象山等海岸线低山丘陵可能还有舟山新木姜子的自然分布。

3.3 群落演替与更新

树种的种群结构类型是其所处地位和作用以及发展过程和趋势的综合表现。因此,根据种群结构类型的特征,可以确定各树种的更新类型并推测群落的变化趋势。就现阶段来说,该群落林木层除舟山新木姜子这一常绿阔叶优势树种外,木荷、青冈、石栎、红楠等均为小径级个体,其余多为阳性先锋落叶阔叶树种,而且群落内树种个体普遍相对较小,表明该群落处于演替前期灌丛阶段。随着群落演替的进行,单峰型和单柱型的多数阳性落叶阔叶树种,如玉兰、青钱柳、朴树、白栎、山合欢等,将最终衰退消失;木荷、红楠、青冈、石栎等耐荫常绿树种在没有干扰的情况下,将不断扩大它们在群落中的优势地位,成为群落的优势种和主要组成树种。逆J字型的舟山新木姜子具有很强的更新能力,可通过根萌生枝和幼苗库2种更新方式来维持种群的稳定,从而在群落演替中维持其优势种和主要组成树种的地位。

致谢:华东师范大学环境科学系研究生章君果和戚裕峰参加野外调查,在此一并感谢。

参考文献:

- [1] 王景祥. 浙江植物志:第2卷[M]. 杭州:浙江科学技术出版社,1997.
- [2] 王国明,徐树华,叶志军,等. 舟山群岛珍稀濒危植物的分布与保护[J]. 浙江林学院学报,1998,15(2):181-186.
WANG Guoming, XU Shuhua, YE Zhijun, et al. Distribution and protection of rare plants in Zhoushan Islands [J]. *J Zhejiang For Coll*, 1998, 15(2): 181-186.
- [3] 王国明,徐斌芬,王美琴,等. 舟山群岛野生木本观赏植物资源及分布[J]. 浙江林学院学报,2007,24(1):55-59.
WANG Guoming, XU Binfen, WANG Meiqin, et al. Resources of wild woody ornamental plants in Zhoushan Archipelago [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2007, 24(1): 55-59.
- [4] 俞慈英,陈叶平,袁燕飞,等. 舟山海岛普陀樟等3种特有树种种质资源清查[J]. 浙江林学院学报,2007,24(4):413-418.
YU Ciyang, CHEN Yeping, YUAN Yanfei, et al. Resources of *Cinnamomum japonicum* var. *chenii*, *Neolitsea sericea* and *Tilia miqueliana* in Zhoushan Archipelago [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2007, 24(4): 413-418.
- [5] 万利琴,丁炳扬,郭水良. 舟山群岛主要岛屿间种子植物区系的差异及其影响因素[J]. 浙江大学学报:农业与生命科学版,2008,34(6):677-683.
WAN Liqin, DING Bingyang, GUO Shuilian. Difference of spermatophyte flora among main islands of Zhoushan archipelago and its influencing factors [J]. *J Zhejiang Univ Agric & Life Sci*, 2008, 34(6): 677-683.
- [6] 孙敏琴. 舟山新木姜子扦插繁殖试验初报[J]. 浙江林业科技,1999,19(4):67-68,71.
SUN Minqin. Preliminary report about experiment on cottage breeding of *Neolitsea sericea* [J]. *J Zhejiang For Sci Technol*, 1999, 19(4): 67-68, 71.
- [7] 王国明,徐斌芬,王美琴,等. 舟山海岛野生观赏植物的应用[J]. 浙江林学院学报,2005,22(1):46-49.
WANG Guoming, XU Binfen, WANG Meiqin, et al. Application of the wild ornamental plants in Zhoushan Archipelago [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2005, 22(1): 46-49.
- [8] 王慰,黄胜利,丁国剑,等. 盐胁迫下舟山新木姜子1年生苗形态变化及生理反应[J]. 浙江林学院学报,2007,24(2):168-172.

- WANG Wei, HUANG Shengli, DING Guojian, *et al.* Morphological and physiological changes accompanying the induction of salt tolerance in *Neolitsea sericea* seedlings [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2007, **24** (2): 168 – 172.
- [9] 徐斌芬, 王国明, 陈斌, 等. 舟山新木姜子和普陀樟容器育苗试验[J]. 林业科技开发, 2007, **21** (5): 71 – 73.
XU Binfen, WANG Guoming, CHEN Bin, *et al.* Container seedlings experiment of *Cinnamomum japonicum* var. *chenii* and *Neolitsea sericea* [J]. *For Sci Technol Dev*, 2007, **21** (5): 71 – 73.
- [10] 李影丽, 汪奎宏, 许利群, 等. 舟山新木姜子盐胁迫下生长变化及生理反应[J]. 浙江林业科技, 2008, **28** (2): 48 – 51.
LI Yingli, WANG Kuihong, XU Liqun, *et al.* Growth and physiological effect under salt stress of *Neolitsea sericea* [J]. *J Zhejiang For Sci Technol*, 2008, **28** (2): 48 – 51.
- [11] 李修鹏, 赵慈良, 俞慈英, 等. 舟山新木姜子保存技术研究[J]. 浙江海洋学院学报: 自然科学版, 2009, **28** (1): 81 – 85.
LI Xiupeng, ZHAO Ciliang, YU Ciyang, *et al.* Research on the conservation technology of *Neolitsea sericea* [J]. *J Zhejiang Ocean Univ Nat Sci*, 2009, **28** (1): 81 – 85.
- [12] 应松康, 赵颖, 陈斌, 等. 舟山新木姜子苗木分级及不同密度试验[J]. 浙江林业科技, 2009, **29** (3): 80 – 83.
YING Songkang, ZHAO Ying, CHEN Bin, *et al.* Seedling grading and experiment on seedling cultivation with different density of *Neolitsea sericea* [J]. *J Zhejiang For Sci Technol*, 2009, **29** (3): 80 – 83.
- [13] 宋国元. 珍稀保护树种: 舟山新木姜子在上海佘山岛确有分布[J]. 上海师范大学学报: 自然科学版, 2007, **36** (6): 88 – 90.
SONG Guoyuan. Rare and protected tree *Neolitsea sericea* (Blume) Koidz. exists on Sheshan island, Shanghai [J]. *J Shanghai Nor Univ Nat Sci*, 2007, **36** (6): 88 – 90.
- [14] 丁方明, 张成标, 卢小根. 舟山新木姜子资源调查报告[J]. 浙江林业科技, 2001, **21** (4): 52 – 54, 58.
DING Fangmin, ZHANG Chengbiao, LU Xiaogen. Investigation report on *Neolitsea sericea* resources in Zhoushan [J]. *J Zhejiang For Sci Technol*, 2001, **21** (4): 52 – 54, 58.
- [15] 宋永昌, 王祥荣. 浙江天童国家森林公园的植被和区系[M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1995.
- [16] 宋永昌. 植被生态学[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2001.
- [17] OHSAWA M. Difference of vegetation zones and species strategies in the subalpine region of Mt. Fuji [J]. *Vegetation*, 1984, **57**: 15 – 52.
- [18] MAGRRAN A E. *Ecological Diversity and its Measurement* [M]. New Jersey: Princeton University Press, 1988.
- [19] OHSAWA M, WILDPRET W, DEL AROCA M. *Comparative Study on Evergreen Broad-leaved Forests and Trees of the Canary Island and Japan* [M]. Chiba: Chiba Laboratory of Ecology, Chiba University, 1999: 67 – 87.
- [20] 陈小勇. 生境片断化对植物种群遗传结构的影响及植物遗传多样性保护[J]. 生态学报, 2000, **9** (20): 96 – 99.
CHEN Xiaoyong. Effects of habitat fragmentation on genetic structure of plant populations and implications for the biodiversity conservation [J]. *Acta Ecol Sin*, 2000, **9** (20): 96 – 99.
- [21] OUBORG N J. Population genetics, molecular markers and the study of dispersal in plants [J]. *J Ecol*, 1999, **87**: 551 – 568.
- [22] HAMILTON M B, MILLER J R. Comparing relative rates of pollen and seed gene flow in the island model using nuclear and organelle measures of population structure [J]. *Genetics*, 2002, **162** (4): 1897 – 1909.
- [23] KWON J A, MORDEN C W. Population genetic structure of two rare tree species (*Colubrina oppositifolia* and *Alphitonia ponderosa*, Rhamnaceae) from Hawaiian dry and mesic forests using random amplified polymorphic DNA markers [J]. *Mol Ecol*, 2002, **11**: 991 – 1001.
- [24] 王中生, 安树青, 冷欣, 等. 岛屿植物舟山新木姜子居群遗传多样性的 RAPD 分析[J]. 生态学报, 2004, **24** (3): 414 – 422.
WANG Zhongsheng, AN Shuqing, LENG Xin, *et al.* Population genetic diversity of the insular plant *Neolitsea sericea* based on random amplified polymorphic DNA (RAPD) [J]. *Acta Ecol Sin*, 2004, **24** (3): 414 – 422.