

浙江省生态公益林植被恢复过程中 物种组成及多样性的变化

沈 琪^{1,2}, 张 骏¹, 朱锦茹³, 江 波³, 葛 滢¹, 刘其霞¹, 常 杰^{1*}

(1. 浙江大学生命科学学院, 杭州 310012; 2. 浙江教育学院生物系, 杭州 310012; 3. 浙江林业科学研究院, 杭州 310023)

摘要:在浙江省生态公益林区域的现状植被中分析了 6 种主要群落类型的物种组成和多样性的变化格局, 包括演替系列中的 2 种灌丛、松优势林、2 种混交林和常绿阔叶林。结果表明含松较多的灌丛和松优势林常分布在环境退化较严重(土层瘠薄)的生境中, 其中灌木层主要由阳性的映山红、榿木、白栎等组成, 常绿阔叶林优势种木荷、青冈、苦槠、甜槠等在其中偶见, 因此推断其自然恢复为常绿林的速度慢; 含常绿阔叶树较多的灌丛及含松较少的混交林分布在土层较厚处, 木荷、青冈、苦槠、甜槠等的频度和重要值都较大, 较容易自然恢复为常绿阔叶林。各种群落中物种多样性指数——Gleason、Shannon-Wiener、Simpson 指数基本上以常绿阔叶林为最高, 其次是含松较少的混交林, 含松较多的灌丛和松优势林各种多样性指数最低。本研究显示我国中亚热带东部森林植被恢复途径有 3 条: (1) 灌草丛→针叶林(松)→针(松)阔混交林→常绿阔叶林; (2) 灌草丛→针(松)阔混交林→常绿阔叶林; (3) 灌草丛→常绿阔叶林。这意味着本区域的常绿阔叶林恢复可以不必经历松林阶段, 在生境条件较好的地方通过人工干预、补种常绿阔叶树可以加速常绿阔叶林恢复。

关键词:生态公益林; 物种多样性; 植被恢复途径; 常绿阔叶林

文章编号:1000-0933(2005)09-2131-08 **中图分类号:**Q16, Q948 **文献标识码:**A

Changes of species composition and diversity in the restoration processes of ecological public-welfare forests in Zhejiang, East China

SHEN Qi^{1,2}, ZHANG Jun¹, ZHU Jin-Ru³, JIANG Bo³, GE Ying¹, LIU Qi-Xia¹, CHANG Jie^{1*} (1. College of Life Science, Zhejiang University, Hangzhou, 310012, China; 2. Department of Biology, Zhejiang Education Institute, Hangzhou, 310012; 3. Zhejiang Institute of Forests Science, 310023). *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(9): 2131~2138.

Abstract: Public-welfare forests contribute many ecological benefits for the human community compared with the commercial woodlands. The vegetation of Zhejiang had been havoc in the 1950's. The composition and plant diversity of six major communities in ecological public-welfare forests of Zhejiang were analyzed used the sampling method. The six types are: shrubs contained more young pine trees (SMYPT), shrubs contained more young evergreen broad-leaved trees (SMYET), pine forest (dominated by pine trees, PF), mixed coniferous and broad-leaved forests contained more pine trees (MFMPPT), mixed coniferous and broad-leaved forests contained fewer pine trees (MFFPT), and evergreen broad-leaved forest (EGBLF). In this paper, because evergreen broad-leaved forests are the zonal vegetation of Zhejiang, they are assumed as the target vegetation in the recovery processes. The results showed that the SMYPT and PF were usually distributed on degraded habitats in which the soil was thinner and poor. The woody layer in SMYPT and the under-tree layer in PF were mainly composed of sunny species, such as *Rhododendron simsii*, *Loropetalum chinensis*, *Quercus fabri* and so on. The dominated

基金项目:浙江省科技厅重大资助项目(021102541); 2004 年浙江省教育厅资助项目(20040318); 2003 年浙江教育学院重点资助项目

收稿日期:2004-07-24; **修订日期:**2005-03-07

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: jchang@mail.hz.zj.cn

作者简介:沈琪(1962~), 女, 杭州人, 硕士, 副教授, 主要从事植被生态学研究. E-mail: science@zju.edu.cn

致谢:各地林业局的多位研究人员参与了样方调查, 在此一并致谢

Foundation item: Science and Technology Department of Zhejiang Province (No. 021102541); Scientific Research Fund of Zhejiang Provincial Education Department (No. 20040318); A Key Project of Zhejiang Education Institute, 2003

Received date: 2004-07-24; **Accepted date:** 2005-03-07

Biography: SHEN Qi, Master, Associate professor, mainly engaged in vegetation ecology. E-mail: science@zju.edu.cn

species of evergreen broad-leaved forest in Zhejiang were occasionally found in these 2 communities. So, it was inferred that the rate of naturally restoration to the zonal climax vegetation (evergreen broad-leaved forests) would be very slow. The SMYET communities distribute on thicker soil, the dominant species include above species, and *Schima superba*, *Cyclobalanopsis* spp., *Castanopsis* spp. were found frequently. In the woody layer their important values and degrees of presence were higher than those of the above shrubs. It will be restored quickly to the zonal climax vegetation. The species diversities were established through Gleason's, Shannon-Wiener's, Simpson's indices and the Pielou's evenness indices. In general, the indices of EGBLF are the highest. The indices of MFFPT were closed to those of EGBLF. The species diversities of SMYPT and PF were the lowest. The results also showed that species diversity decreases trends from under-tree layer, tree layer to herb layer. The investigation results showed that there are three restoration routes of ecological public-welfare forests in Zhejiang: 1. shrubs→pine forests→mixed coniferous and broad-leaved forests→evergreen broad-leaved forests; 2. shrubs→mixed coniferous and broad-leaved forests→evergreen broad-leaved forests; 3. shrubs→evergreen broad-leaved forests. It indicates that it is not necessary to go through the pine forest stage to recover to the evergreen broad-leaved forests in this area. The reasons which impacted the species diversity were analyzed in this paper. If the evergreen broad-leaved trees can be fostered and cultivated by supplements in better habitats, the vegetation will be recovered more quickly, and the ecological benefits of public-welfare forests can increase in a shorter time.

Key words: ecological public-welfare forests; species diversity; vegetation restoration; evergreen broad-leaved forest

生态公益林与商品林相对,是指人们根据需要而科学指定的现存或即将营造和改造的不以生产直接的有形产品而以生产生态效益产品为目的的森林^[1],或者说是以保护和改善人类生存环境,保护生态平衡,保存物种资源,科学实验,森林旅游,国土保安等为主要经营目的的森林和林木^[2]。近年来浙江省的植被迅速恢复,森林覆盖率已达 59.4%^[2],但公益林总体来说存在林种组成单调,林龄小等问题^[2]。以物种多样性来反映和分析公益林的各种群落类型的生长现状及其影响因素是本文研究的目标之一。

植物群落的物种多样性是生态系统功能的基础,因此,它成为近 10a 来研究的热点之一^[3~5]。浙江地处我国中亚热带东部,植被研究积累了一些资料^[6~16],然而与国内外相比还相当薄弱,特别是对主要植被类型如针叶林、针阔混交林、灌丛^[13]等的物种多样性的比较及其变化趋势的研究尚少。生态公益林是在现有植被基础上划定进而保护的,这些现存的群落是处在不同演替和恢复阶段的类型。这些公益林的群落性质(特别是物种多样性)如何,各种林型在减少人类干扰后的演替趋势如何,以及如何人为促进其顺行演替速度,恢复到地带性植被——常绿阔叶林,是本文的目标。

1 研究地区和研究方法

浙江省地处华东,陆地面积 10.18 万 km²,在 27°06'~31°11'N、118°01'~123°10'E 之间。地貌上属于东南沿海低山丘陵,海拔多在 500 m 以下,西南部海拔较高,在 1 000 m 以上。山地多为白垩系的流纹岩、熔凝灰岩、凝灰岩、花岗岩等火山岩组成^[2,17]。土壤主要是红壤、红黄壤和黄壤,还有少量的石灰土、紫色土等^[2,17]。该区为亚热带气候,年均温在 15.3 到 18.5 C 之间;最冷月(1 月份)均温 2.7~7.9 C,西北山区最低;最热月均温 27.0~29.5 C,东部沿海低,西部内陆高;≥10 C 积温除安吉外,多在 5 000~6 500 C。年降水量 1 000~2 000 mm,总趋势是有东北向西南递增。水热基本同期^[2,17]。

目前浙江省生态公益林主要包括防护林和特种用途林。在浙江整个林业用地中,有林地占 84.6%,疏林及灌草丛占 9.8%,无林地占 5.6%。生态公益林占整个林业用地的 12.6%、有林地的 22.8%^[2]。浙江省生态公益林普遍林龄小,1~20a 占其中的 50.6%,21~30a 占 36.9%,31~40 a 占 9.6%,大于 40a 的占 2.9%;浙江省生态公益林的组成较为单一,针叶林约占其中的 68%,阔叶林为 32%^[2]。

从浙江省生态公益林示范县中选择 20 个有代表性的县取样,用样方法进行调查,其中乔木层为 20m×30 m,即 600 m²,下木层(灌木层)面积 36 m²,即 20m×30m 长方形的一条对角线乘上 1m 的宽度,草本层的面积为 2m×2m 的 2 个,即 8m²;即长方形的另两角。将 DBH≥3cm 的都归为乔木层,对它们进行每木调查,记录种名、胸径、高度、枝下高、冠幅等,下木层和草本层样方记录种类、密度、高度、盖度,层间植物分别归入下木层和草本层。另外,记录乔、灌、草各层的覆盖度,生境因子记录海拔、坡向、坡度、土壤厚度等,野外调查在 2000~2002 年进行。各种类型的样方数量和地区分布见表 1。

本研究采用多项指标进行物种多样性的测度^[3~5]:(a) 物种丰富度,用各层的 Gleason 指数描述 $G=S/\ln A$ (S 为物种数, A 为样方面积);(b) Simpson 指数 (D), $D=1-\sum P_i^2$,它的变形较多,在本文中是 $D=\sum P_i^2/(\sum P_i=1)$,即生态优势度, D 值越小多样性越高。为便于与其他文献比较,本文还用了 $SP=N(N-1)/\sum N_i^2$ ($\sum N_i=100$);(c) Shannon-Wiener 指数

(H'), $H' = - \sum P_i \ln P_i$ ($\sum P_i = 1$); (d) Pielou 均匀度指数 J , $J = H' / H'_{\max}$, $H'_{\max} = \ln S$ (S 为物种数)。 P_i (N_i) 为种 i 的相对重要值 (IV), 乔木层物种相对重要值 = (相对密度 + 相对胸高断面积之和 + 相对频度) / 3, 灌木和草本层物种的相对重要值 = (相对密度 + 相对盖度 + 相对频度) / 3。统计分析参见李春喜等编《生物统计学》^[18]。

表 1 浙江省生态公益林中 6 种主要类型群落的取样地点及数量分布

样地地点 Locations	灌丛 Shrubs		松林 Pine forest	针阔混交林 Mixed coniferous and broad-leaved forests		常绿阔叶林 Evergreen broad- leaved forest ^⑤	合计 Total amount
	含较多松幼树 SMYPT ^①	含较多常绿阔叶 幼树 SMYET ^②		含较多松 MFMPT ^③	含松较少 MFMPT ^④		
杭州 Hangzhou	1	3	5	2	3	4(5 ^[9,11])	23
湖州 Huzhou	0	2	2	0	0	0	4
舟山 Zhoushan	1	0	1	0	0	0	2
宁波 Ningbo	0	1	1	1	0	0(32 ^[7])	35
绍兴 Shaoxing	0	0	1	1	0	0	2
金华 Jinhua	2	1	2	2	0	0	7
衢州 Quzhou	3	2	4	0	1	1	11
台州 Taizhou	0	1	2	2	3	0	8
丽水 Lishui	5	4	2	0	3	2(12 ^[10,12])	28
温州 Wunzhou	3	1	3	2	0	3(7 ^[6])	19
合计 Total amount	15	15	23	10	10	10(56)	139

① SMYPT, 含较多松幼树的灌丛 Shrubs contained more young pine trees; ② SMYET, 含较多常绿阔叶幼树的灌丛 Shrubs contained more young evergreen broad-leaved trees; ③ MFMPT, 含较多松的针阔混交林 Mixed coniferous and broad-leaved forests contained more pine trees; ④ MFFPT, 含较少松的针阔混交林 Mixed coniferous and broad-leaved mixed forests contained fewer pine trees; ⑤ 括号中的数值来自文献 Values in parentheses were from references

2 结果与分析

2.1 浙江省生态公益林主要群落的生长状况和生境特征

浙江省的森林除了保护区以外,在 20 世纪 50 年代后期曾遭到大规模的破坏,目前来说恢复不到 50a。在划归为生态公益林的区域中,有些植被仍处于灌草丛阶段。分析选定样地中的灌草,发现存在两类灌草丛:一类是 SMYPT,其土厚平均为 43.5cm (A+B 层,下同),土层较薄;另一类是 SMYBT,生长在土层较厚的环境下,土厚平均为 74.8cm。两类灌草丛的土层厚度达到差异极显著水平($p < 0.01$)(表 2)。

另外,根据乔木层物种的重要值,将所调查的森林分为松林(PF)、含较多松的混交林(MFMPT)、含较少松的混交林(MFFPT,有一定比例的杉木和落叶阔叶树)、对照的常绿阔叶林(EGBLF)等 4 种类型,它们的重要值分布见表 2。PF 的土厚平均为 53.5cm, MFMPT 土厚平均为 74.4cm,两者差异显著。MFMPT 和 MFFPT 土厚差异不显著, MFFPT 乔木层密度(3 187 株/hm²)比 MFMPT(2 022 株/hm²)为大,两者差异显著(表 2), MFFPT 的林龄较小,主要以萌生枝为主。常绿阔叶林所选样方的平均胸径居中,与 MFFPT 相比差异不显著(表 2)。

2.2 浙江省公益林区域主要群落类型中物种组成的变化

常绿阔叶林是浙江省典型的地带性植被,以此作为恢复的目标植被。综合研究和资料样方(资料来源见表 1)后发现,最常见的树种为各种青冈(*Cyclobalanopsis* spp.)和木荷(*Schima superba*),它们在南北均有分布,频度、重要值都达到最高;其次是栲(*Castanopsis fargesii*)、石栎(*Lithocarpus glaber*)、苦槠(*C. sclerophylla*)、米槠(*C. carlesii*)、甜槠(*C. eyrei*)等(表 3)。在常绿林中还夹杂着少量的针叶树——马尾松(*Pinus massoniana*)和杉木(*Cunninghamia lanceolata*)。落叶树枫香(*Liquidambar formosana*)也是常见的伴生种(表 3)。下木层中出现频率最高的 20 种(类)木本植物依次是木荷、连蕊茶(*Camellia fraterna*)、老鼠矢(*Symplocos stellaris*)、青冈、东南石栎(*L. harlandii*)、朱砂根(*Ardisia crenata*)、拔葵(*Smilax china*)、榧木(*Loropetalum chinensis*)、马银花(*Rhododendron ovatum*)、栲、络石(*Trachelospermum jasminoides*)、浙江新木姜子(*Neolitsea aurata* var. *chekiangensis*)、山矾(*Symplocos* spp.)、野木瓜(*Stauntonia* spp.)、黄丹木姜子(*Litsea elongata*)、映山红(*Rhododendron simsii*)、桤(*Eurya* spp.)、黄檀(*Dalbergia* spp.)、米槠、苦槠。草本层中出现频率最高的 10 种(类)是:苔草(*Carex* spp.)、狗脊(*Woodwardia japonica*)、鳞毛蕨(*Dryopteris* spp.)、淡竹叶(*Lophatherum gracile*)、里白(*Diplopterygium glaucum*)、芒(*Miscanthus sinensis*)、芒萁(*Dicranopteris pedata*)、蕨(*Pteridium aquilinum* var. *latiusculum*)、复叶耳蕨(*Arachniodes* spp.)和瘤足蕨(*Plagiogyria* spp.)。

表 2 浙江省生态公益林主要群落类型的结构状况和生境特征

Table 2 The characterizes of the sampling main types of ecological public-welfare forests in Zhejiang

群落结构 Structure background of the 6 major communities	灌丛 Shrubs		松林 Pine forest	针阔叶混交林 Mixed coniferous and broad-leaved forests		常绿阔叶林 Evergreen broad- leaved forest
	SMYPT*	SMYET		MFMPPT	MFFPT	
乔木层 Tree layer						
平均胸径 Mean DBH(cm)			10. 7 ^a	10. 4 ^a	6. 2 ^b	9. 1 ^a
平均密度 Mean density (ind. /hm ²)			1 761 ^b	2 022 ^b	3 187 ^a	2 147 ^b
常绿阔叶树重要值 IV of evergreen broad-leaved trees(%)			<30	17~65	16~51	>70
松重要值 IV of pine trees(%)			73~100	16~53	<15	<18
平均立地年龄 Mean stand age(a)	<10	<10	22	24	18	23
木本层(在灌草丛中)或下木层(在森林中) Woody layer(in Shrubs)or Shrub layer(in forests)						
平均密度 Mean density (ind. /hm ²)	25 700 ^a	28 274 ^a	19 959 ^a	20 835 ^a	18 894 ^a	24 083 ^a
平均高度 Mean height (m)	0. 69	1. 24	1. 15	1. 43	1. 85	1. 52
草本层 Herb layer						
平均高度 Mean height (m)	0. 4	0. 48	0. 44	0. 45	0. 34	0. 35
平均土层厚度 Mean soil depth (cm)	43. 5 ^c	74. 8 ^a	53. 5 ^{bc}	74. 4 ^a	71. 2 ^{ab}	81. 9 ^a
平均海拔 Mean altitudes (m)	490	400	330	250	370	460
平均坡度 Mean slopes (°)	26. 3	28. 5	24. 2	25. 3	31	31

* 符号意义同表 1 The symbols are the same as table 1

表 3 浙江省生态公益林主要群落类型的灌木层和乔木层优势木本植物比较

Table 3 Comparison of the dominant woody species in shrub layer and tree layer of the 6 major communities of ecological public-welfare forests in Zhejiang

物种 Species	灌丛 Shrubs		松林 Pine forest	针阔叶混交林 Mixed coniferous and broad-leaved forests		常绿阔叶林 Evergreen broad- leaved forest
	SMYPT	SMYET		MFMPPT	MFFPT	
乔木树种 Tree species	木本层 Woody layer		灌木层 Shrub layer		乔木层 Tree layer	
青冈 <i>Cyclobalanopsis</i> spp.	6.7(35/51) ^①	26.7(12/4)	33.3(10/8)	60.0(5/3)	90.0(2/2)	97.1(1/2)
木荷 <i>Schima superba</i>	33.3(9/8)	20.0(17/14)	12.5(25/18)	50.0(8/5)	90.0(3/3)	94.1(2/1)
栲 <i>Castanopsis fargesii</i>	— ^②	—	—	—	20.0(22/8)	47.1(3/3)
石栎 <i>Lithocarpus glaber</i>	6.7(47/43)	7.1(49/55)	8.3(44/48)	10.0(83/85)	30.0(15/14)	44.1(4/7)
东南石栎 <i>L. harlandii</i>	—	—	—	—	—	39.7(5/10)
苦槠 <i>C. sclerophylla</i>	—	42.9(7/9)	8.3(45/49)	80.0(2/2)	40.0(11/13)	38.2(6/4)
米槠 <i>C. carlesi</i>	6.7(61/61)	—	8.3(40/40)	10.0(57/55)	10.0(62/63)	38.2(7/6)
松 <i>Pinus</i> spp.	80.0(2/4)	40.0(9/16)	37.5(7/10)	+ ^③	20.0(23/10)	36.8(8/8)
枫香 <i>Liquidambar formosana</i>	6.7(45/48)	20.0(19/18)	12.5(31/41)	30.3(15/20)	60.0(6/9)	32.4(11/12)
甜槠 <i>C. eyrei</i>	6.7(48/45)	26.7(13/10)	4.2(54/54)	20.0(22/18)	60.0(5/5)	29.4(14/5)
拟赤杨 <i>Alniphyllum fortunei</i>	6.7(40/30)	—	12.5(26/23)	—	50.0(7/4)	17.6(22/41)
白栎 <i>Quercus fabri</i>	40.0(7/3)	60.0(3/1)	54.2(4/5)	50.0(7/4)	50.0(8/6)	10.0(33/23)
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	26.7(14/42)	46.7(6/6)	16.7(20/17)	20.0(34/50)	100.0(1/1)	27.9(16/14)
野漆 <i>Toxicodendron succedaneum</i>	—	33.3(10/7)	4.2(56/62)	40.0(11/14)	70.0(4/7)	8.8(52/93)
盐肤木 <i>Rhus chinensis</i>	26.7(12/15)	46.7(5/5)	8.3(42/44)	30.0(14/10)	10.0(46/33)	5.9(74/+)
黄檀 <i>Dalbergia hupeana</i>	13.3(21/41)	20.0(20/22)	37.5(6/7)	20.0(28/30)	30.0(21/40)	13.2(30/40)
山苍子 <i>Litsea cubeba</i>	40.0(8/7)	26.7(14/13)	20.8(17/25)	30.0(18/36)	30.0(17/18)	—
灌木物种 Shrub species						
映山红 <i>Rhododendron simsii</i>	86.7(1/1)	80.0(1/2)	83.3(2/1)	70.0(3/6)	20.0(40/57)	4.4(89/+)
檵木 <i>Loropetalum chinensis</i>	53.3(3/2)	73.3(2/3)	87.5(1/2)	100.0(1/1)	50.0(9/23)	5.9(75/+)
柃木 <i>eurya japonica</i>	53.3(4/5)	40.0(8/11)	33.3(11/9)	40.0(9/8)	10.0(62/59)	+(+/90)
拔葜 <i>Smilax china</i>	46.7(6/9)	33.3(11/12)	54.2(5/6)	60.0(6/7)	—	—

①括号前为存在度(频度)值,括号内为存在度位序及重要值之和的位序之比,即频度位序/重要值之和位序 The value before parentheses is the degrees of presence(frequency),the value in parentheses is the sequence of frequency/the sequence of sum of IV,②该种在调查中未出现 The species is not found in the investigation,③该种在调查中出现,但频度或重要值的位序都在 100 位之后 The degrees of presence or IV of the species is behind the 100th species

由于过去对常绿阔叶林的综合生态效益认识不足,它们常常被看作是“杂木林”无甚用途而遭到不同程度的破坏。在次生裸

地上飞机播种或人工种植马尾松(及杉木,因为它们能提供干材),就形成了现在的马尾松优势林等。由于种源丰富,各地马尾松的实生苗较多,人们又有意保留马尾松,而砍伐阔叶树(但干扰程度稍轻),现在的混交林主要是这样形成的。在常绿阔叶林破坏严重的地方,则形成了现在的灌草丛(主要探讨低海拔地区)。

从表 3 可以看出,两类灌丛以阳生的、机会种映山红、榿木、白栎(*Quercus fabri*)为主,常绿阔叶乔木的苗木较少,草本以阳生的芒萁、芒等较为常见,因此这两类灌丛要自然恢复到常绿阔叶林所需的时间较长。尤其是 SMYPT,土层瘠薄,常绿阔叶乔木的苗木偶见、重要值极低,说明这种环境不利于常绿阔叶乔木苗木的生长;但松的比例很高,说明松比较耐瘠薄的土壤,可以继续生长。SMYET 中常绿阔叶乔木苗木逐渐增加,频度及重要值都比较靠前,自然恢复时间相对短些。

MFMPPT 中青冈、苦槠、木荷等常绿苗木较多,更新及恢复的潜力大;而松的苗木林下极少,说明松自我更新极差,随着时间的推移将会被淘汰(表 3)。MFMPPT 中乔木层的密度较小(表 2),郁闭度较低,因此林下喜阳的映山红、榿木、白栎仍较丰富(表 3)。MFFPT 中,这些喜阳的物种在乔木层中的频度和重要值都有所下降,说明它们不能进入上层,或进入很少(映山红、榿木是灌木物种),而木荷、青冈、苦槠、甜槠已进入上层;另外,这类混交林中针叶树和落叶树的含有量比常绿林的为高,说明它们还处在过渡状态。可以看出这类混交林与常绿林乔木层的组成较为接近(表 3)。

2.3 浙江省生态公益林主要群落物种多样性的分析

物种多样性是物种丰富度和物种分布均匀度的综合表现。由于各层的取样面积大小有差异,因此目前绝大多数文献分乔木层、下木层、草本层 3 层分别论述它们的多样性^[3,5,13~16],本文也不例外。其中物种丰富度用 G 反映。其他物种多样性用 H' 、 D 、 SP 、均匀度指数用 J 等反映。

2.3.1 群落间多样性比较

(1)下木层多样性差异 在两类灌丛之间,除了均匀度指数相差不大,优势度指数 D 正好相反外,各种指数都是 SMYET (土厚)比 SMYPT(土薄)稍高,但两者差异不显著(表 4,表 5)。

表 4 浙江省生态公益林主要群落类型各个层次的 5 种多样性指数

Table 4 Indices of species diversity in three layers of 6 major community types of the ecological public-welfare forests in Zhejiang					
各种群落类型 Major types of the communities	G	H'	SP	D	J
乔木层 Tree layer					
PF	0.30±0.18	0.28±0.32	1.22±0.30	0.86±0.17	0.51±0.24
MFMPPT	2.08±1.21	1.96±0.41	5.76±2.34	0.21±0.075	0.78±0.065
MFFPT	3.43±1.44	2.51±0.45	10.24±4.50	0.12±0.056	0.84±0.051
EGBLF	2.82±1.00	2.32±0.41	8.76±3.80	0.17±0.14	0.83±0.071
下木层 Shrub layer					
SMYPT	4.05±1.28	2.33±0.30	9.79±3.10	0.12±0.033	0.89±0.034
SMYET	4.43±1.18	2.48±0.30	11.62±3.44	0.11±0.047	0.90±0.049
PF	4.20±1.01	2.33±0.31	9.30±3.76	0.13±0.048	0.89±0.042
MFMPPT	5.42±1.41	2.69±0.29	13.95±4.96	0.087±0.027	0.90±0.042
MFFPT	6.08±1.31	2.77±0.23	14.83±3.68	0.081±0.018	0.88±0.046
EGBLF	7.12±2.29	3.01±0.37	19.58±8.05	0.073±0.036	0.89±0.034
草本层 Herb layer					
SMYPT	1.74±0.73	0.46±0.34	1.96±1.46	0.58±0.26	0.82±0.25
SMYET	1.86±1.37	1.06±0.55	2.76±1.11	0.46±0.27	0.76±0.33
PF	1.29±0.61	0.65±0.46	2.03±0.98	0.60±0.24	0.75±0.21
MFMPPT	1.76±1.26	0.92±0.45	2.87±1.20	0.48±0.20	0.75±0.20
MFFPT	2.24±1.56	1.17±0.75	3.46±2.25	0.43±0.27	0.76±0.26
EGBLF	1.73±0.86	1.53±0.55	4.52±2.65	0.30±0.16	0.74±0.11

各种指数在松林和 SMYPT 之间差异不显著(表 4,表 5)。MFMPPT 除了均匀度指数相差不大,优势度指数正好相反外,各种指数均高于 2 类灌丛和松林;除了均匀度指数差异不显著,Gleason 指数差异显著外,其它指数在松林和 MFMPPT 间差异达到极显著,(表 4,表 5)。

MFFPT 与 SMYET 相比,Gleason 指数差异达到极显著, H' 、 SP 差异都达到显著,其它指数则差异不显著(表 4,表 5)。两混交林之间各种指数差异不显著(表 4,表 5)。

MFFPT 与常绿阔叶林相比,各种指数差异不显著(但 H' 接近差异显著)(表 4,表 5)。

在下木层中,多样性指数大多是常绿林>MFFPT>MFMPPT>松林、灌草丛。常绿阔叶林与其他群落类型相比,差异大多

达到显著,甚至极显著水平。与常绿阔叶林最为接近的是 MFFPT(表 4,表 5)。

(2)乔木层多样性差异 就乔木层而言,松林的优势度指数最大,而其他指数最低,MFFPT 的各种指数最高,它和 MFMPPT 相比,大多数指数达到了差异显著或极显著水平;但与常绿林相比,差异不显著(表 4,表 5)。

(3)草本层多样性差异 草本层单位面积中物种最多的是 MFFPT,即 Gleason 指数最高;其他多样性指数,如 H' 、 SP 则是常绿阔叶林最高;除了均匀度指数相差不大,优势度指数 D 正好相反外,松林和 SMYPT 的各种指数最低。

表 5 浙江省生态公益林主要群落类型的下木层和乔木层的物种多样性差异的显著性检验

Table 5 The difference test of species diversity among the maijor communities of the ecological public-welfare forests in Zhejiang (<i>t</i> test)					
群落类型	<i>t</i> 值 <i>t</i> value				
Types of the communities	<i>G</i>	<i>H'</i>	<i>SP</i>	<i>D</i>	<i>J</i>
木本层(在灌丛中)或下木层(在森林中)Woody layer(in shrubs)or shrub layer(in forests)					
SMYPT vs. SMYET	—1.090	—1.591	—1.893	1.139	0.196
SMYPT vs. PF	—0.428	0.035	0.326	—0.860	1.779
PF vs. MFMPPT	—2.503*	—3.164**	—3.069**	—2.936**	—0.959
SMYPT vs. MFMPPT	—2.502*	—3.058**	—2.720*	2.981**	0.527
SMYET vs. MFFPT	—3.278**	—2.364*	—2.035	1.517	1.133
MFMPPT vs. MFFPT	—1.090	—0.62	—0.451	0.66	0.728
MFFPT vs. EGBLF	—1.373	—1.984	—1.804	0.677	—0.568
乔木层 Tree layer					
MFMPPT vs. MFFPT	—2.086	—2.763*	—2.659*	2.943**	—2.315*
MFFPT vs. EGBLF	1.701	1.378	1.146	—1.110	0.309

* 差异显著 The difference is significant ($p<0.05$); ** 差异极显著 The difference is extremely significant ($p<0.01$)

2.3.2 群落内层次之间的多样性比较 就层次而言,除生态优势度指数(D)正好相反外,各种指数大多是下木层>乔木层>草本层,原因之一是下木层中既包括灌木,又包括乔木的幼树,这与文献^[5]结果一致。草本层的多样性较低,主要是由于乔木层和下木层的郁闭度很高,限制了它们的分布,如果是阳生的草本,则大多只生长在林隙和林窗下;而常绿阔叶林下具有丰富的耐阴性草本。

3 讨论

3.1 影响物种多样性的各种因子分析

影响物种多样性的因素是复杂而多样的^[4,5,9,14~16,19~23]。首先物种本身的繁殖策略对物种多样性恢复有重要影响。有些植物以种子萌发实生为主,另一些以老根上萌生枝条为主,还有一些植物无性和有性繁殖成活率都很高,那么最先恢复的将是最后一种情况,然后是中间一种情况,最后是第一种情况^[14~16,19]。本文中常绿阔叶林和含松较少的混交林虽然 DBH 、树高和年龄等都比含松较多的混交林的小,但物种多样性却比后者高,原因是乔木虽被砍伐,但树桩还保留、植物的根系还存在,人们又很快封山育林,木荷、青冈等植物萌生更新成活率高,而且在强大的根系支持下,一个树桩上可以有多个萌枝^[14~16,19];另外在未形成郁闭的林冠前,一些机会种、喜阳植物也会迁入,如白栎、继木、映山红、盐肤木等,因此多样性较高。封山育林 10a 后,植被的密度、多样性就得到很大程度的恢复。

第二,在自然因素中土壤厚度对物种多样性有影响,如松林和含松较多的混交林下木层之间的物种多样性差异达到显著或极显著水平,可能其中的土层厚度起到重要作用;另外含较多常绿阔叶幼树的灌丛物种多样性比含较多松幼树的灌丛为高(但差异不显著),而它的土层也较厚,也是同样道理。

第三,其它自然环境条件对物种多样性也有影响。在常绿林中浙江南部的物种数量比浙江中、北部的要丰富^[4,5],浙北及海拔较高处常绿林中的落叶树比例增高^[6~12],即使是退化成的灌丛,出现较多的也是亚热带常见的常绿灌木种^[13](表 3),这些都说明纬度、海拔(气候)对物种多样性的制约作用。常绿林样方多选择在自然保护区,多在浙江的中、南部,水热条件非常理想,因此,多样性程度也最高,如泰顺乌岩岭的物种丰富度是浙江省乃至中亚热带地区最高的^[5,6],平均 400m² 有物种 67 个。

第四,群落内部小环境对多样性也有影响,随着群落的发育,林冠郁闭,一些不耐荫的植物趋于消退,而耐荫的植物尚未定居成功(植被恢复早期),因此多样性会下降^[19],如常绿林林下分布较多的紫金牛科的植物,金粟兰科的一些植物,草本中的卷柏类等在所调查的样方中就很少见。

最后,人为干扰对物种多样性也有重要影响^[16,19~23]。就所调查的样方而言,物种多样性较低,人为干扰可能也是重要原因。随着干扰的加大,造成环境日趋退化,如水土保持能力下降,土层变薄,等等,从而使物种多样性丧失幅度更大,如本文中的含有较多松幼树的灌丛和松林它们生长的环境条件最差,土层瘠薄,物种多样性也最低(表 2、表 4)。

3.2 浙江省生态林植被恢复过程

植物群落演替途径、速度如何,既与乔木层物种生长状况有关,又与更新层(下木层)物种组成及生长发育潜力有关。就灌草丛来说,在全省范围内,它们的年龄、高度、物种组成、生境等都有不同程度的差别,应先进行分类,然后再研究它们的演替趋势。一般文献中笼统地将顺行演替归为一个途径,即:迹地→草丛→灌草丛→针叶林(松林)→针阔叶混交林→常绿阔叶林^[15,16],但浙江省植被顺行演替的途径有 3 条:

- (1) 迹地 → 草丛 → 灌草丛 → 常绿阔叶林
- (2) 迹地 → 草丛 → 灌草丛 → 针叶林(松林) → 针阔叶混交林 → 常绿阔叶林
- (3) 迹地 → 草丛 → 灌草丛 → 针(松)阔叶混交林 → 常绿阔叶林

(1) 若灌丛中常绿阔叶树的重要值超过松等针叶树较多,则可直接恢复为常绿阔叶林,如本文中的含较多常绿阔叶幼树的灌草丛。一些文献^[15]里所选的灌草丛样地,马尾松的重要值仅为 10.65,而常绿阔叶树的重要值之和大于 79(其中木荷为 44.37,苦槠为 17.65,石栎为 17.32),超过马尾松,因此马尾松的生长不可能阻碍常绿阔叶树(如木荷萌生苗存活率非常高)^[14~16],随着时间的推移,这类灌丛很可能直接演变成以木荷为主、含有一部分松的常绿林。再看马尾松林文献^[15],从马尾松的年龄、高度比木荷等常绿树大、林下木荷等从残桩上萌生(经过数次砍伐)为主来推断,极有可能是人们对马尾松有意保留,而砍伐了木荷等常绿树。这片“松林”是人为干预下形成的,而非自然演变的。如果没有人为的影响,它极有可能是针阔叶混交林,或者就是含有部分松的常绿阔叶林。本文中含松较少的混交林属于此类,它们的演替途径可能是灌草丛→针(松)阔混交林→常绿阔叶林(3)。

(2) 所调查的样方代表了不同演替阶段。其中含有较多松幼树的灌丛和松林分布地生境较差(如土层瘠薄),不利于常绿树的定居,常绿树的后备力量很弱,而马尾松耐瘠薄的土壤,所以演替途径可能同前所述,即迹地→草丛→灌草丛→针叶林(松林)→针阔叶混交林→常绿阔叶林。

(3) 含有较多常绿阔叶幼树的灌丛,或者说人为干扰程度较轻的裸地,如果阔叶树根系还保留,常绿树的后备力量较强,那么演替途径可能是迹地→草丛→灌草丛→针阔叶混交林→常绿阔叶林(3)或迹地→草丛→灌草丛→常绿阔叶林(1)。

上述多途径演替模式说明,在立地条件较好的地方,可以不必存在松林阶段(生态效益较常绿林低),而是通过人工栽培、种植常绿阔叶树等措施,使植被以较快的速度恢复本地区的地带性植被。这样公益林的生态效益可以迅速增加。

References:

- [1] Zhou G Y, Yan J H. Category and definition of ecological forest. In: Zhou G Y, Yan J H eds. *Theories and practice of compensation for ecological forests*. Beijing: China Meteorological Press, 2000. 5~6.
- [2] Zhang Z S, Liu A X. Conditions of natural geography of Zhejiang and a survey of forest vegetation. In: The Forest Bureau of Zhejiang eds. *The natural forest resources of Zhejiang (the volume of forests)*. Beijing: Chinese Agriculture Science & Technology Press, 2002. 9~31.
- [3] Ma K P, Huang J H, Yu S L, et al. Plant community diversity in Dongling mountain, Beijing, China II. species richness, evenness and species diversity. *Acta Ecologica Sinica*, 1995, **15**(3): 268~277.
- [4] He J S, Chen W L. A review of gradient changes in species diversity of land plant communities *Acta Ecologica Sinica*, 1997, **17**(1): 92~98.
- [5] He J S, Chen W L, Li L H. Community diversity of the main types of the evergreen broad-leaved forest in the eastern part of the middle subtropical China. *Acta Phytocool. Sin.*, 1998, **22**(4): 303~311.
- [6] Song Y C, Zhang S, Liu J L, et al. Community analysis of the evergreen broad-leaf forest on mountain Wuyanling in Zhejiang Province. *Acta Phytocool et Geobotan Sin.*, 1982, **6**(1): 14~35.
- [7] Song Y C. Vegetation of Tiantong national forest park Zhejiang Province. In: Song Y C, Wang X R ed. *Vegetation and flora of Tiantong national forest park Zhejiang Province*. Shanghai: Shanghai Scientific & Technological Documents Press, 1995. 1~27.
- [8] Song Y C. The essential characteristics and main types of the broad-leaved evergreen forest in China. *Phytocoenologia*, 1988, **16**(1): 105~123.
- [9] Liu J L, Zhou X J, Gu Y J. Coenology analysis of recovery process on the secondary vegetation in Wuchao mountain, Zhejiang Province. *Acta Phytocool et Geobotan Sin.*, 1983, **7**(1): 8~18.
- [10] He S J, Cai R H, Hong L X. A brief report on survey of evergreen broad-leaved forest in Zhu-xi of Longquan county, Zhejiang Province. *Acta Phytocool. et Geobotan Sin.*, 1984, **8**(3): 228~235.
- [11] Wang J G. Analysis of the ecological benefits of the evergreen broad-leaved forests in the mountain area of Jiande county. *Acta Phytocool. et Geobotan Sin.*, 1985, **9**(2): 112~119.

- [12] Zhou J J, Wang J X, Niu R Y, *et al.* The part of evergreen broad-leaved forests. In: Wang J X, Yao J H, Niu R Y, eds. *The forests of Zhejiang*. Beijing: Chinese Forests Science Press, 1993. 135~188.
- [13] Zhang G F. Species diversity of a shrub community in Tiantong region, Zhejiang Province and its implication for succession. *Chin. Biodiv.*, 2000, **8**(3):271~276.
- [14] Ding S Y, Song Y C. Declining causes of *Pinus massoniana* in the processes of succession of evergreen broad-leaved forest. *Acta Bot. Sin.*, 1998, **40**(8): 755~760.
- [15] Ding S Y, Song Y C. Study on the synecological characteristics of the early successional stage of an evergreen broadleaved forest on Tiantong national forest park, Zhejiang Province. *Acta Phytoecol. Sin.*, 1999, **23**(2): 97~107.
- [16] Ding S Y, Song Y C. Application of succession study in tending and restoration of evergreen broadleaved forest. *Chin. J. Appl. Ecol.*, 2003, **14**(3):423~426.
- [17] Yao J H. Natural geography of Zhejiang. In: Wang J X, Yao J H, Niu R Y, eds. *The forests of Zhejiang*. Beijing: Chinese Forests Science Press, 1993. 8~21.
- [18] Li C X, Wang Z H, Wang W L, eds. *Biological statistics* (second edition). Beijing: Science Press, 2000. 1~113.
- [19] Ellion K J, Boring L R, Swank W T, *et al.* Successional changes in plant species diversity and composition after clearcutting a Southern Appalachian watershed. *Forest Ecology and Management*, 1997, **92**: 67~85.
- [20] Turner I M, Wang Y K, Chew P T, *et al.* Tree species richness in primary and old secondary tropical forest in Singapore. *Biodiversity and Conservation*, 1997, **6**: 537~543.
- [21] Aubert M, Alard D, Bureau F. Diversity of plant assemblages in managed temperate forest: a case study in Normandy (France). *Forest Ecology and Management*, 2003, **175**: 321~337.
- [22] Howard L F, Lee Th D. Temporal patterns of vascular plant diversity in southern New Hampshire forests. *Forest Ecology and Management*, 2003, **185**: 5~20.
- [23] Franklin J F. Old-growth forests in the Pacific North-west: an ecological view. In: *Old-growth Forests: a balance perspective*. University of Oregon, Bureau of Government Research and Service, Eugene, OR, USA, 1982. 5~27.

参考文献:

- [1] 周国逸, 阎俊华. 生态公益林的范畴及定义. 见: 周国逸主编. 生态公益林补偿理论与实践. 北京: 气象出版社, 2000. 5~6.
- [2] 张正寿, 刘安兴. 浙江省自然地理条件和森林植被概况. 见: 浙江省林业局主编. 浙江林业自然资源(森林卷). 北京: 中国农业科学技术出版社, 2002. 9~31.
- [3] 马克平, 黄建辉, 于顺利, 等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究 I. 丰富度、均匀度和物种多样性指数. *生态学报*, 1995, **15**(3): 268~277.
- [4] 贺金生, 陈伟烈. 陆地植物群落物种多样性的梯度变化特征. *生态学报*, 1997, **17**(1): 92~98.
- [5] 贺金生, 陈伟烈, 李凌浩. 中国中亚热带东部常绿阔叶林主要类型的群落多样性特征. *植物生态学报*, 1998, **22**(4): 303~311.
- [6] 宋永昌, 张绅, 刘金林, 等. 浙江泰顺县乌岩岭常绿阔叶林的群落分析. *植物生态学与地植物学丛刊*, 1982, **6**(1): 14~35.
- [7] 宋永昌. 浙江天童国家森林公园的植被. 见: 宋永昌, 王祥荣主编. 浙江天童森林公园的植被和区系. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1995. 1~27.
- [9] 刘金林, 周秀佳, 顾詠洁. 浙江省午潮山次生植被恢复过程中的群落学剖析. *植物生态学与地植物学丛刊*, 1983, **7**(1): 8~18.
- [10] 何绍箕, 蔡壬侯, 洪利兴. 浙江龙泉县住溪常绿阔叶林调查简报. *植物生态学与地植物学丛刊*, 1984, **8**(3): 228~235.
- [11] 王建国. 建德山区的常绿阔叶林生态效益分析. *植物生态学与地植物学丛刊*, 1985, **9**(2): 112~119.
- [12] 周家骏, 王景祥, 牛瑞廷, 等. 常绿阔叶林部分. 见: 王景祥, 姚继衡, 牛瑞廷主编. 浙江森林. 北京: 中国林业出版社, 1993. 135~188.
- [13] 张光富. 浙江天童山区灌丛群落的物种多样性及其与演替的关系. *生物多样性*, 2000, **8**(3): 271~276.
- [14] 丁圣彦, 宋永昌. 常绿阔叶林演替过程中马尾松消退的原因. *植物学报*, 1998, **40**(8): 755~760.
- [15] 丁圣彦, 宋永昌. 浙江天童国家森林公园常绿阔叶林演替前期的群落生态学特征. *植物生态学报*, 1999, **23**(2): 97~107.
- [16] 丁圣彦, 宋永昌. 演替研究在常绿阔叶林抚育和恢复上的应用. *应用生态学报*, 2003, **14**(3): 423~426.
- [17] 姚继衡. 自然地理环境. 见: 王景祥, 姚继衡, 牛瑞廷主编. 浙江森林. 北京: 中国林业出版社, 1993. 8~21.
- [18] 李春喜, 王志和, 王文林. 生物统计学(第2版). 北京: 科学出版社, 2000. 1~113.