

秦岭油松人工林与次生林群落特征比较

景丽, 朱志红, 王孝安, 郭华

(陕西师范大学 生命科学学院, 陕西 西安 710062)

摘要: 采用标准样地法对秦岭旬阳坝地区油松 *Pinus tabulaeformis* 次生林与人工林进行了群落学调查研究, 旨在比较天然油松林遭砍伐后经过自然恢复或人工栽植恢复 40 a 左右群落的特征差异。结果表明: 天然恢复次生林有维管植物 66 科 104 属 134 种, 人工林有维管植物 73 科 104 属 125 种, 2 种群落含 1~2 个种的科均较多; 人工林与次生林共有种为 70 种, 种类组成相似系数为 53.03%。2 种群落的垂直结构相似, 都分为乔木、灌木和草本 3 层, 乔木层又分 3 个亚层; 人工林乔木层、灌木层密度低于次生林, 草本层密度高于次生林。2 种群落物种多样性指数中, Shannon-Wiener 指数、Margalef 指数和 Richness 指数的大小顺序均为灌木层 > 草本层 > 乔木层, Simpson 指数均为乔木层 > 草本层 > 灌木层, Evenness 指数的变化不一致, 天然次生林为灌木层 > 草本层 > 乔木层, 人工林为灌木层 > 乔木层 > 草本层; 次生林乔木层的物种丰富度指数显著高于人工林, 而均匀度指数显著低于人工林; 人工林与次生林灌木层各多样性指数无明显差异; 人工林草本层的优势度显著高于次生林。人工林凋落物厚度显著高于次生林, 土壤营养指标在 2 种群落间均无明显差异。上述结果说明, 经过 40 a 左右的恢复, 人工林与次生林群落特征已达到一定程度的相似性, 油松适合作为该地区的造林树种恢复天然植被。表 9 参 21

关键词: 森林生态学; 秦岭; 油松; 人工林; 天然次生林; 群落特征; 物种多样性

中图分类号: S718.54; Q948.15 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-5692(2008)06-0711-07

Community characteristics of a *Pinus tabulaeformis* secondary forest and a planted forest in the Xunyangba Region of the Qinling Mountains

JING Li, ZHU Zhi-hong, WANG Xiao-an, GUO Hua

(College of Life Sciences, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, Shaanxi, China)

Abstract: Based on the survey and data from 8 plots, the community characteristics of a natural secondary forest of *Pinus tabulaeformis* and *P. tabulaeformis* plantation were compared using a standard quadrat method, in order to know influence of different management style on restoration of the communities after disafforest about 40 years. Analyses included use of the similarity, Shannon-Wiener, Margalef, Richness, Simpson's Dominance, and Evenness Indices. Main results as follow: (1) The secondary forest consisted of 134 vascular species belonging to 66 families and 104 genera, whereas the planted forest included 125 vascular species in 73 families and 104 genera. The families which included 1 to 2 species were plentiful in the two communities. A similarity index of 53.0% was obtained with 70 co-occurring species. (2) The vertical structure of both communities contained tree, shrub, and herb layers, with the tree layer subdivided into three layers. Plant density in the tree and shrub layers of the plantation was lower than the secondary forest ($P < 0.05$), but density in the herb layer was higher ($P < 0.05$). (3) From the angle of spatial patterns, in both secondary forest and plantation, the Shannon-Wiener, Margalef, and Richness Indices were in the order shrub > herb > tree, and Simpson's Dominance Indices were tree > herb > shrub. However, differences were found with the Evenness Index for the secondary forest (shrub > herb > tree) versus the

收稿日期: 2007-12-03; 修回日期: 2008-03-12

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2002CB111505)

作者简介: 景丽, 硕士研究生, 从事群落生态学研究。E-mail: jingli_rc@126.com。通信作者: 朱志红, 教授, 博士, 从事植物生态学研究。E-mail: zhuzhihong@snnu.edu.cn

plantation (shrub > tree > herb). Also, compared to the plantation, in the secondary forest the Margalef and Richness Indices of the tree layer were higher ($P < 0.05$), but the Evenness Index was lower ($P < 0.05$). Additionally, in the plantation, Simpson's Dominance Index for the herb layer was higher than in the secondary forest ($P < 0.05$). (4) Litter layer in plantation was thicker than that in natural secondary forest ($P < 0.05$). Thus, after 40 years of restoration, there were many community attribute similarities between plantations and secondary forests meaning that *P. tabulaeformis* was suitable for afforestation at this site. [Ch, 9 tab. 21 ref.]

Key words: forest ecology; Qinling Mountains; *Pinus tabulaeformis*; plantation; natural secondary forest; community characteristics; species diversity

由于气候及人为等因素的影响,天然植被破坏严重,人工林在生态系统中发挥着越来越大的作用^[1]。一些研究表明,人工植被经过一定阶段的旺盛生长之后,立地条件恶化^[2-3],表现出较明显的退化和衰败迹象^[4-9]。为保证人工林生态系统的稳定,开展人工林群落特征的研究显得尤为重要。油松 *Pinus tabulaeformis* 是黄土高原地区广泛分布的常绿针叶树种,也是暖温带湿润半湿润气候区的地带性植被^[5,8-10]。陕西秦岭、黄龙山和子午岭都有较大面积的油松天然次生林及人工林分布。目前,有关油松林群落养分分布及水源涵养功能问题的研究较多^[3,11-13],对油松人工林与次生林的比较研究少见报道。秦岭被列为具有世界意义的生物多样性关键地区。笔者在前人研究工作的基础上,对该区遭砍伐后经过自然恢复和人工种植恢复 40 a 左右的油松次生林与人工林进行了群落学调查和比较研究,旨在探讨该区油松人工林和次生林在群落物种组成、空间结构和物种多样性等方面是否存在显著差异,为该区植被的恢复实践提供理论依据。

1 研究区自然概况

研究区位于秦岭中段南麓的宁陕县旬阳坝林场,地理坐标为 32°29' ~ 33°13'N, 103°58' ~ 109°48'E, 平均海拔 1 300 m, 属北亚热带温暖湿润气候区,年平均气温为 10 °C, 1 月平均气温 -1.5 °C, 7 月平均气温 19.7 °C, 年平均降水量 1 133 mm, 以夏季降水量最多, 占全年的 46.7%, 年平均蒸发量 1 221.9 mm, 年平均日照时数 1 638.3 h, 无霜期 199 d, ≥10 °C 的积温为 4 000 °C。土壤为矿质壤黏土, 呈微酸性^[14-15]。森林植被属暖温带落叶阔叶林和针阔混交林向北亚热带常绿落叶混交林的过渡带。植被分布主要受海拔高度和地形地势的影响。为了保证立地条件的可比性, 野外调查限制在一个较小的范围内进行, 海拔高度为 1 480 ~ 1 620 m。样地坡度为 23° ~ 48°, 坡向主要是阳坡或半阳坡(表 1)。

表 1 秦岭旬阳坝油松天然次生林与人工林立地条件

Table 1 Site conditions of the secondary natural forest and the artificial plantation at Xunyangba in Qinling Mountains

群落类型	海拔/m	坡度/(°)	坡向/(°)
次生林	1 510 ~ 1 620	23 ~ 42	SW16 ~ 40, ES40, SE4 ~ 25
人工林	1 480 ~ 1 549	25 ~ 48	SW14 ~ 45, WN10 ~ 44, NE9 ~ 13, NW14

2 研究方法

2.1 样地设置与群落调查

野外调查于 2006 年 7 月中上旬至 8 月在旬阳坝林区进行。在经充分踏查后, 选择立地条件基本一致的油松天然次生林和人工林作为研究样地。这些油松林均是在 1967 - 1968 年不合理高强度的采伐迹地上形成的, 当时林内还散生着一些残余的油松中龄林木, 灌木包括胡枝子 *Lespedeza bicolor*, 胡颓子 *Elaeagnus pungens*, 忍冬 *Lonicera japonica*, 卫矛 *Euonymus alatus* 等, 草本包括蕨类 *Pteridophyta*, 莎草 *Cyperus* spp., 茜草 *Rubia cordifolia*。现有的天然次生林是在无任何经营措施的情况下天然恢复而成, 人工林则是在经过砍灌、除草, 并对灌、草、凋落物进行归堆清林, 并用 2 ~ 3 龄苗木以 3 300 株·hm⁻² 密度栽植的油松纯林后形成的, 在种植后的前 3 a 对幼林进行过扩穴、砍灌、破草和补苗等综合抚育。

分别在所选样地中设置面积为 20 m × 20 m 样方 8 个，记录其海拔、坡度和坡向等。对每个样方中的乔木进行每木检测，记录其种名、数量、高度、枝下高和冠幅。在每个样方的四角和中央分别设置 5 个 2 m × 2 m 与 1 m × 1 m 的小样方，调查灌木与草本植物的种名、数量、高度和盖度，并挖取土壤剖面，记录凋落物厚度、腐殖质厚度和土壤厚度。

2.2 分布格局指数^[16-17]的计算

分布系数 $C = V / m$ ，丛生指数 $I = V / m - 1$ ，平均拥挤系数 $M = m + (V / m + 1)$ ，聚集强度 $k = m / I$ ，聚块性指数 $M' = 1 + 1 / k$ 。其中： V 为方差， m 为均值。

2.3 多样性计算

运用马克平等^[18]多样性计算方法中的 5 类指标研究群落的物种多样性。

2.3.1 重要值 乔木层 $I_{v乔} = (\text{相对密度} + \text{相对频度} + \text{相对优势度}) / 3$ 。其中相对优势度为胸高断面积。灌草层 $I_{v灌草} = (\text{相对密度} + \text{相对频度} + \text{相对盖度}) / 3$ 。

2.3.2 多样性指数 物种丰富度指数：Richness 指数 $S = \text{样方内出现的物种总数}$ ；Margalef 指数 $I_{Ma} = (S - 1) / \ln N$ 。其中： S 为样方内出现的物种数目， N 为样方中出现的植物个体总数。

物种多样性指数：Shinner-Wiener 指数 $H' = - \sum P_i \ln P_i$ 。其中： P_i 为种 i 的相对重要值， $P_i = N_i / N$ ； N_i 为种 i 的绝对重要值， N 为种 i 所在样方的各个种重要值之和。

物种均匀度指数：Evenness 指数 $J = (- \sum P_i \ln P_i) / \ln S$ 。

物种优势度指数：Simpson 指数 $D = 1 - \sum P_i^2$ 。

2.4 土壤参数测定

速效氮、速效磷和速效钾采用 Tfc-203Pca 型土壤化肥速测仪，有机质用重铬酸钾外加热氧化法。

2.5 统计分析

应用 SPSS 12.0 统计软件对 2 种群落的数据进行 t 检验，统计检验的显著水平设为 $\alpha = 0.05$ 。

3 结果与分析

3.1 油松次生林与人工林物种组成的比较

油松次生林有维管植物 134 种，分属 66 科 104 属，菊科 Compositae 植物最多，其次为蔷薇科 Rosaceae，忍冬科 Caprifoliaceae，禾本科 Gramineae 等，仅含 1 ~ 2 个种的有 56 科，分别占总科数、总属数和总种数的 84.85%，60.58% 和 49.25%。人工林有维管植物 125 种，分属 73 科 104 属，蔷薇科植物最多，其次为忍冬科、菊科和禾本科等，仅含 1 ~ 2 个种的有 63 科，分别占总科数、总属数和总种数的 86.30%，65.38% 和 59.20% (表 2)。2 种群落有 70 个共有种，种类组成的相似系数为 0.530 3。上述结果说明研究区被砍伐的天然林油松经过 40 a 左右不同途径的恢复后，在物种组成上已经具有较大的相似性。

3.2 油松次生林与人工林群落结构比较

3.2.1 群落垂直结构 人工林与次生林层次分化明显，都可划分为乔木、灌木和草本等 3 个基本层，乔木层又分 3

表 2 天然次生林与人工林的物种组成

Table 2 Species components of the natural secondary forest and the plantation

群落类型	科名	属数	种数
次生林	菊科 Compositae	12	13
	蔷薇科 Rosaceae	8	13
	忍冬科 Caprifoliaceae	3	12
	禾本科 Gramineae	4	5
	毛茛科 Ranunculaceae	3	4
	桦木科 Betulaceae	4	5
	松科 Pinaceae	2	4
	小檗科 Berberidaceae	3	5
	百合科 Liliaceae	1	4
	槭树科 Aceraceae	1	3
1 ~ 2 种的科	63	66	
人工林	蔷薇科 Rosaceae	8	14
	忍冬科 Caprifoliaceae	3	7
	菊科 Compositae	5	6
	禾本科 Gramineae	4	5
	茜草科 Rubiaceae	4	5
	山茱萸科 Cornaceae	3	4
	桦木科 Betulaceae	4	4
	唇形科 Lamiaceae	3	3
	毛茛科 Ranunculaceae	2	3
	1 ~ 2 种的科	68	74

个亚层。人工林乔木层结构并非通常认为的只有1层,而是已接近或等同于天然次生林。 t 检验的结果表明,除了乔木盖度无显著差异($P > 0.05$)外,人工林无论是乔木的高度和胸径,还是灌木和草本的高度和盖度均显著高于天然次生林($P < 0.05$)(表3),说明植物的生长状况显著好于天然次生林。这是由于研究区人工林在恢复过程中进行过适当的间伐,且有一定的抚育措施,使乔木层密度降低,林内水分、光照条件较好,促进了林下植物的生长发育。

表3 天然次生林与人工林的层次结构概况

Table 3 Vertical community structures of the plantation and the natural secondary forest

群落类型	乔木盖度/%	乔木高度/m	乔木胸径/cm	灌木高度/cm	灌木盖度/%	草本盖度/%
次生林	122.941(17.486)	7.156(4.754)	10.350(9.677)	98.621(79.705)	46.856(30.883)	20.823(18.298)
人工林	104.642(19.094)	10.071(6.198)	13.924(12.090)	107.312(54.512)	59.540(38.770)	29.074(19.435)
t 值	2.013	-6.454	-3.903	-5.308	-2.384	-2.141
P 值	0.084	0.000	0.000	0.000	0.022	0.039

说明:表内括号中的数字为标准差。

次生林与人工林各层次优势种油松、白檀 *Symplocos paniculata* 和荚果蕨 *Matteuccia stuthiopteri* 的重要值已无显著差异($P > 0.05$)(表4)。但是,天然次生林灌木层的白檀为单优种,而人工林还包括一些耐阴植物,形成共优灌木丛。草本层重要值居前3位的均为阴性或耐阴植物荚果蕨、吉祥草 *Reineckia carnea* 和细叶薹草 *Carex stenophylla*。次生林中油松的高度显著低于人工林($P < 0.05$),而白檀的高度无差异(表5)。这说明在砍伐40a左右后,不论是天然恢复的次生林还是种植恢复的人工林,各主要层次的物种组成和优势度已很相似,仅油松的高度有所不同。

表4 天然次生林与人工林各层次优势种重要值及 t 检验结果Table 4 Important values of main species of every layer in the natural secondary forest and the plantation and t -test results between the two communities

群落层次	优势种	重要值		t 值	P 值
		次生林	人工林		
乔木层	油松	48.671(6.564)	39.631(14.057)	1.964	0.090
灌木层	白檀	19.969(7.606)	16.567(8.310)	1.291	0.238
草本层	荚果蕨	26.023(12.480)	35.701(3.663)	-1.291	0.238

说明:表内括号中的数字为标准差。

3.2.2 群落水平结构 人工林与天然次生林中无论是乔木层、灌木层和草本层,其主要种均为集群分布(表6)。从格局强度看,油松在人工林中的聚集强度明显高于次生林,白檀和荚果蕨在2种群落中的聚集强度接近。表7说明,人工林乔木层植物密度显著低于次生林,灌木层植物密度与次生林无差异,草本层密度高于次生林。表现出草本层密度与木本层密度负相关关系。李裕元等^[19]关于子午岭植物群落特征的研究也有相同的结果。上层林木较高的郁闭度和密度以及较强的蒸腾作用,使林下光照缺乏,水分不足,从而使草本植物发育受到影响;反之,草本层发育较好^[20]。

表5 天然次生林与人工林乔、灌层优势种高度 t 检验结果Table 5 t -test to heights of main species of arbor layer and shrub layer in the natural secondary forest and the plantation

项目	高度差/m		t 值	P 值
	均值	标准差		
次生油松-人工油松	-6.179	1.898	-33.046	0.000
次生白檀-人工白檀	-0.179 74	0.667 67	-1.946	0.061

表 6 次生林与人工林主要种群分布格局分析

Table 6 Analysis on the spatial pattern of the main species in the natural secondary forest and the plantation

群落类型	优势种	均值	方差	分布系数	丛生指数	平均拥挤度	聚块性指数	聚集强度	格局
次生林	油松	25.875	52.125	2.014	1.014	26.889	1.039	25.505	集群
	白檀	7.850	36.131	4.603	3.603	11.453	1.459	2.179	集群
	荚果蕨	11.125	200.471	18.020	17.020	28.145	2.530	0.654	集群
人工林	油松	13.250	68.214	5.148	4.148	17.398	1.313	3.194	集群
	白檀	6.525	24.461	3.749	2.749	9.274	1.421	2.374	集群
	荚果蕨	21.475	433.076	20.167	19.167	40.642	1.893	0.676	集群

3.2.3 油松次生林与人工林物种多样性比较 表 8 说明，人工林乔木层 J 值高于天然次生林 ($P < 0.05$)， I_{Ma} 和 S 值低于次生林 ($P < 0.05$)， H' 和 D 值无显著差异 ($P > 0.05$)。说明在人工种植和抚育条件下物种分布的均匀性高，但物种数少，因此多样性与天然次生林无差异；灌木层各项指数与天然次生林均无显著差异；草本层 D 值显著高于天然次生林 ($P < 0.05$)， S ， I_{Ma} ， H' 和 J 值与次生林差异不显著 ($P > 0.05$)。这些结果说明本研究中的人工林与次生林的物种多样性差异主要表现在乔木层和草本层，而灌木层的物种多样性特征已很相似。就总的变化趋势来看，人工林与天然次生林都表现

表 7 天然次生林与人工林群落不同层次的植物密度

Table 7 Plant densities in different layers of the secondary forest and the plantation

群落层次	植物密度/(株·hm ⁻²)		t 值	P 值
	次生林	人工林		
乔木层	$1.666 \times 10^3(0.262 \times 10^3)$	$1.031 \times 10^3(0.243 \times 10^3)$	5.304	0.001
灌木层	$9.006 \times 10^4(4.318 \times 10^4)$	$9.700 \times 10^4(4.732 \times 10^4)$	- 0.720	0.476
草本层	$4.438 \times 10^5(2.454 \times 10^5)$	$6.163 \times 10^5(4.029 \times 10^5)$	- 2.381	0.022

说明：表中数值括号中数值为标准差。

表 8 天然次生林与人工林的多样性指数 t 检验结果

Table 8 t -test to species diversity indices of the natural secondary forest and the plantation

群落层次	指数	次生林	人工林	t 值	P 值
乔木层	S	9.875 (1.885)	7.625 (2.200)	2.393	0.048
	I_{Ma}	1.336 (0.284)	0.997 (0.331)	2.393	0.048
	H	1.647 (0.153)	1.537 (0.232)	1.237	0.256
	J	0.726 (0.050)	0.771 (0.026)	- 3.493	0.010
	D	0.707 (0.051)	0.711 (0.055)	2.393	0.849
灌木层	S	22.875 (3.720)	22.125 (3.441)	- 0.397	0.703
	I_{Ma}	3.293 (0.560)	3.177 (0.519)	0.405	0.698
	H	2.685 (0.189)	2.681 (0.149)	0.051	0.960
	J	0.861 (0.037)	0.869 (0.027)	- 0.413	0.692
草本层	D	0.900 (0.026)	0.903 (0.017)	- 0.279	0.788
	S	15.875 (2.416)	14.125 (2.850)	1.198	0.270
	I_{Ma}	2.239 (0.364)	1.945 (0.439)	1.255	0.250
	H	2.249 (0.165)	1.963 (0.272)	2.090	0.075
	J	0.816 (0.037)	0.746 (0.065)	2.308	0.054
	D	0.158 (0.028)	0.234 (0.068)	- 2.521	0.040

说明：括号中数值为标准差。

出林冠层的植物多样性与丰富度较低, 优势度较高, 而林下灌木层与草本层的植物多样性与丰富度高而优势度低的特点(表8), 这与前人有关针叶林的研究结果^[21]相符。

3.3 油松次生林与人工林土壤营养状况比较

土壤各项指标的比较结果表明(表9), 除人工林凋落物厚度显著大于次生林外, 其余指标均无明显差异。这可能与人工林植物的生长状况显著好于天然次生林以及草本的密度较高有关(表3, 表7)。土壤是植物生长发育的重要因素, 该结果进一步说明本研究中人工林与次生林群落特征的相似性是具有其重要的物质基础的。

表9 天然次生林与人工林土壤状况分析

Table 9 Analysis of the soil conditions in the natural secondary forest and the plantation

群落类型	凋落物厚度/cm	腐殖质厚度/cm	土壤厚度/cm	有效氮/ (mg·kg ⁻¹)	有效磷/ (mg·kg ⁻¹)	有效钾/(mg·kg ⁻¹)	有机质/ (g·kg ⁻¹)
次生林	2.838(0.923)	4.088(2.203)	32.896(13.510)	16.344(6.836)	5.375(3.932)	114.125(44.422)	7.038(2.377)
人工林	4.120(1.087)	4.680(1.528)	31.378(7.477)	17.343(6.872)	7.594(3.571)	135.950(46.277)	8.313(2.218)
<i>t</i> 值	- 5.252	- 1.351	1.049	- 0.320	- 1.175	- 1.299	- 1.109
<i>P</i> 值	0.000	0.184	0.304	0.758	0.278	0.235	0.304

说明: 括号中数值为标准差。

4 小结

揭示人工林的物种组成与群落结构并与天然林进行比较, 是判别其生态功能恢复效果的必要手段, 可以为人工林合理管理及恢复重建提供依据。对秦岭旬阳坝林区油松次生林与人工林群落特征比较结果表明: 该区天然油松林在遭砍伐 40 a 左右后, 种植恢复的人工林与天然恢复的次生林在物种组成、群落结构、植物多样性及土壤状况等方面已经比较接近, 人工林并未表现出树种结构单一、林相衰败、郁闭度降低、林地生产力和土壤肥力下降^[17]等迹象。说明油松能很好地适应当地的气候土壤条件, 适合作为秦岭旬阳坝地区的人工造林树种来恢复天然植被, 进一步证明了人工林建设中“适地适树”的科学性与重要性。笔者认为, 在人工恢复天然油松林的过程中, 如果能够正确运用群落生态学原理, 在种植密度, 树种选择和组配等方面进一步深入研究, 完全有可能加速天然植被的恢复过程。

参考文献:

- [1] 张鼎华, 叶章发, 范必有, 等. 抚育间伐对人工林土壤肥力的影响[J]. 应用生态学报, 2001, 12 (5): 672 - 676.
- [2] GARDNER C B. Effects of forest-management activities on runoff components and ground-water recharge to Quabbin Reservoir, central Massachusetts[J]. *For Ecol Manage*, 2001, 143: 115 - 129.
- [3] 杨玉盛, 陈光水, 谢锦升. 南方林业经营措施与土壤侵蚀[J]. 水土保持通报, 2000, 20 (6): 55 - 59.
- [4] JOHNS J S, BARRETO P, UHL C. Logging damage during planned and unplanned logging operations in the eastern Amazon[J]. *For Ecol Manage*, 1996, 89: 57 - 77.
- [5] 吴刚, 冯宗炜. 中国油松林群落特征及生物量的研究[J]. 生态学报, 1994, 14 (4): 415 - 422.
- [6] 杨文治, 田均良. 黄土高原土壤干燥化问题探源[J]. 土壤学报, 2004, 41 (1): 1 - 6.
- [7] 李裕元, 邵明安. 黄土高原气候变迁、植被演替与土壤干层的形成[J]. 干旱区资源与环境, 2001, 15 (1): 72 - 77.
- [8] 陈云明, 梁一民, 程积民. 黄土高原林草植被建设的地带性特征[J]. 植物生态学报, 2002, 26 (3): 339 - 345.
- [9] 程积民, 万惠娥. 黄土高原植被结构与水土保持[M]. 北京: 中国林业出版社, 2002.
- [10] 陈云明, 吴钦孝, 刘向东, 等. 黄土丘陵区油松生长与气候因子相关分析[J]. 水土保持通报, 1996, 16 (2): 38 - 42.
- [11] 李裕元, 邵明安. 黄土高原子午岭森林群落演替与结构特征演化[J]. 西北植物学报, 2003, 23 (5): 693 - 699.
- [12] 王彬, 王辉, 杨君珑, 等. 子午岭次生油松林主要乔木树种的更新特点[J]. 浙江林学院学报, 2007, 24 (5): 559 - 563.

- [13] 邹厚远, 刘国彬, 王晗生. 子午岭林区北部近 50 a 植被的变化发展[J]. 西北植物学报, 2002, **22** (1): 1 - 8.
- [14] 逯军峰, 王辉, 曹靖, 等. 不同林龄油松人工林枯枝落叶层持水性及养分含量[J]. 浙江林学院学报, 2007, **24** (3): 319 - 325.
- [15] 赵永华, 雷瑞德, 何兴元, 等. 秦岭锐齿栎林种群生态位特征研究[J]. 应用生态学报, 2004, **15** (6): 913 - 918.
- [16] 陈辉, 刘天保, 吴承祯, 等. 闽北次生常绿阔叶林主要树种空间分布格局及其应用研究[J]. 应用与环境生物学报, 1999, **5** (6): 561 - 565.
- [17] 张文辉, 许晓波, 周建云, 等. 濒危植物秦岭冷杉种群空间分布格局及动态[J]. 西北植物学报, 2005, **25** (9): 1 840 - 1 847.
- [18] 王梅峒. 中国亚热带常绿阔叶林生活型的研究[J]. 生态学杂志, 1987, **6** (2): 21 - 23.
- [19] 李裕元, 郑纪勇, 邵明安. 子午岭天然林与人工林群落特征比较研究[J]. 西北植物学报, 2005, **25** (12): 2 447 - 2 456.
- [20] 胡相明, 程积民, 万惠娥. 黄土丘陵区人工林下草本层植物的结构特征[J]. 水土保持学报, 2006, **26** (3): 41 - 45.
- [21] 阎桂琴, 赵桂仿, 胡正海. 秦岭太白红杉群落特征及物种多样性的研究[J]. 西北植物学报, 2001, **21** (3): 497 - 506.



《浙江林学院学报》网站开通公告

《浙江林学院学报》网站已经开通, 网址为 <http://zlxz.zjfc.edu.cn>。网站同时开通作者在线投稿系统, 今后广大作者向本刊投稿, 均请登录上述网站在线投稿。
欢迎广大作者和读者访问。

浙江林学院学报编辑部