福建建溪流域常绿阔叶防护林 物种多样性特征研究*

洪 伟 林成来 吴承祯 何东进 陈 昆
(福建林学院 , 南平 353001)

摘 要 从生物多样性保护原则出发 ,物种多样性应是评价防护林综合效益的重要指标之一。本文采用 Weibull 分布模型分析建溪流域防护林乔木层、灌木层的种 - 多度关系 ,用多种公式计算防护林各层次的物种多样性并与我国暖温带落叶阔叶林的物种多样性相比较 ,得出以下结论 :1)该流域防护林乔木层的种 - 多度关系符合 Weibull 分布模型 ,说明个体数量较多的乔木仅限于少数几种主要的树种 ,群落的均匀度相对较小 ;2)该流域防护林主要群落内乔木层、灌木层和草本层的丰富度、均匀度和总多样性指数都较我国暖温带落叶阔叶林相对应的指数高。

关键词 防护林 ,物种多样性 ,Weibull 分布

**Research on species diversity of evergreen broad-leaved shelter-forests in Jianxi River Valley , Fujian/
HONG Wei ,LIN Cheng-Lai ,WU Cheng-Zhen ,HE Dong-Jin ,CHEN Kun**

Abstract According to the principle of biodiversity conservation , the species diversity should be regarded as an important target of synthetical benefit of the shelter-forests. The authors analyzed the species abundance of tree layer and shrub layer of the shelter-forest using the model of the Weibull distribution , and calculated the species diversity for each layer by means of various formulas and compared with that of the deciduous broad-leaved forests in North China. The results were as follows (1)in the valley the species abundance relationship fitted with the Weibull distribution model , suggesting that those trees with the greatest number of individuals were only restricted in a few species and evenness indices was small (2)its richness indices , evenness indices and species diversity indices were higher than those of the deciduous broad-leaved forests.

Key words shelter-forests , species diversity , Weibull distribution

Author 's address Fujian Forestry College , Nanping 353001

防护林是以保护、控制、稳定和改善生态环境为主要经营目的的森林类型 ,具有调节气候、涵养水源、保持水土等功能 ,在维护生态平衡、保障经济和社会生活的正常运转发挥着极其重要的作用。显然 ,防护林发挥其防护效益的大小是与其生态系统结构功能的完善与否息息相关的。群落的物种多样性研究能够揭示群落组织水平的生态学特征。物种多样性是物种丰富度和分布均匀性的综合反映 ,体现了群落结构类型、组织水平、发展阶段、稳定程度和生境差异。前人从森林的气候环境方面对防护林的防护效益进行了大量研究^[1] ,但防护林多样性研究未见报道。

建溪流域地处我国中亚热带地区 ,典型的常绿阔叶林(照叶林)为该区的地带性群落类型^[2] ,在当地作为防护林类型而得以保存下来。本文采用 Weibull 分布模型分析了建溪流域常绿阔叶防护林乔木层、灌木层的种 - 多度关系 ,并用多种公式计算了建溪流域防护林主要群落的乔木层、灌木层和草本层的丰富度、均匀度和总多样性指数 ,并与我国暖温带落叶阔叶林

收稿日期 :1998 - 05 - 20 ;修改稿收到日期 :1998 - 10 - 11
* 福建省自然科学基金资助项目(F991)

的物种多样性相应的指数比较 ,分析该流域防护林的物种多样性特性 ,探索其变化规律 ,从而指出物种多样性是一个群落结构和功能复杂性的度量指标 ,它应该成为防护林体系综合效益评价的重要指标之一。

1 研究地环境概况

建溪位于福建省南平市 ,是闽江上游的一个支流 ,建溪自建瓯至南平 ,全长 294 km ,流域面积16396km² ,属中亚热带季风型气候 ,气候条件优越 ,水、热、光资源丰富 ,年平均气温 19.3℃ ,≥10℃活动积温为 5858℃ ,实际日照时数平均为 1709.9 h ,年均降水量为 1664 mm。整个流域包括南平、建瓯、政和、松溪、浦城、武夷山、建阳等地。属于武夷山戴云山山间立地亚区 ,丘陵立地类型小区^[2] ,多数土壤肥力较好 ,森林覆盖率达 55.7%。全流域防护林体系分为 23 个群落类型 ,以米槠(*Castanopsis carlesii*)群落、栲树(*C. fargesii*)群落、甜槠(*C. eyrei*)群落、福建青冈(*Cyclobalanopsis chungii*)群落、石栎(*Lithocarpus glaber*)群落和闽楠(*Phoebe bournei*)群落为主要类型。

2 研究方法

2.1 野外工作

野外调查乔木层采用 120 × 10 m²(分 12 个 10 × 10 m² 的小样方)样地 ,灌木层样方为 4 × 4 m² ,草本层样方为 1 × 1 m² ,在样方内记载植物的种类、个体数、胸径和树高(乔木层)。调查资料整理后编制成森林植被调查报告 ,并建立数据库输入计算机存储。群落类型生境概况及群落乔木层主要树种重要值如表 1、表 2 ,其中主要树种重要值 = 相对显著度 + 相对密度 + 相对频度。

表 1 样地概况
Table 1 Plot size and characteristics

群落类型 Community type	海拔 Altitude	坡向 Aspect	坡度 Slope	土壤类型 Soil type	表土层厚度 Thickness of topsoil (cm)	调查面积 Size (m ²)	物种数 No. of species
米槠群落①	400	NW30°	20°	黄红壤 Yellow red earth	16	1200	48
栲树群落②	480	NW33°	22°	黄红壤 Yellow red earth	20	1200	77
甜槠群落③	800	NW26°	27°	黄壤 Yellow earth	30	1200	168
福建青冈群落④	250	SE32°	19°	黄红壤 Yellow red earth	15	1200	36
石栎群落⑤	840	WE17°	17°	黄红壤 Yellow red earth	25	1200	34
闽楠群落⑥	460	NS 走向	20°	黄红壤 Yellow red earth	25	1200	48

Note ①*Castanopsis carlesii* community ②*C. fargesii* community ③*C. eyrei* community ④*Cyclobalanopsis chungii* community ⑤*Lithocarpus glaber* community ⑥*Phoebe bournei* community

2.2 种 - 多度

本文应用 Weibull 分布函数来描述种 - 多度分布 ,Weibull 分布的概率密度函数为^[3] :

$$f(x) = \frac{c}{b}(x - a)^{c-1} \exp\left(-\frac{(x - a)^c}{b}\right) x \geq a \tag{1}$$

Weibull 分布有 3 个参数 $b > 0$ 为尺度参数 $c > 0$ 为形状参数 a 为位置参数 ,由于物种 - 多度最小可以理解为零 ,故 a 可取介于 0 ~ 1 之间的任意值。这样 ,三参数 Weibull 分布就变成二参数 Weibull 分布 ,尺度参数 b 象正态分布的 σ 那样 ,只是一整体尺度参数 ,这样在三个参数中只有 c 才是 Weibull 分布中具有实质意义的参数。当 $c < 1$,物种 - 多度分布呈倒 J 型 ;当

$1 \leq c < 3.6$,呈正偏山状分布 ; $c = 3.6$ 近于正态分布 ; $c > 3.6$ 转向负偏山状分布。因此 ,形状参数 c 能较好地反映物种多度分布 ,是一个具有生态学意义的物种 – 多度 Weibull 分布参数^[4]。

表 2 群落乔木层主要树种重要值表

Table 2 The important values of main tree species in communities

树种 Species	重要值 Important value(%)					
	米槠群落 ①	栲树群落 ②	甜槠群落 ③	福建青冈群落 ④	石栎群落 ⑤	闽楠群落 ⑥
米槠 <i>Castanopsis carlesii</i>	99. 5	—	0. 9	6. 4	—	137. 9
栲树 <i>C. fargesii</i>	5. 0	113. 3	4. 2	—	10. 9	—
甜槠 <i>C. eyrei</i>	14. 6	—	146. 6	—	—	—
福建青冈 <i>Cyclobalanopsis chungii</i>	7. 0	4. 5	—	144. 1	—	—
石栎 <i>Lithocarpus glaber</i>	3. 7	—	0. 9	16. 7	159. 8	—
闽楠 <i>Phoebe bournei</i>	—	—	—	—	19. 3	—
多穗石栎 <i>Lithocarpus litseifolius</i>	—	—	5. 0	—	—	—
卷斗青冈 <i>Cyclobalanopsis pachyloma</i>	—	—	3. 7	—	—	—
中华杜英 <i>Elaeocarpus chinensis</i>	9. 3	—	2. 2	15. 4	—	—
枫香 <i>Liquidambar formosana</i>	—	—	—	—	—	10. 6
木荷 <i>Schima superba</i>	35. 9	11. 5	17. 6	—	—	—
虎皮楠 <i>Daphniphyllum oldhamii</i>	—	4. 2	2. 3	7. 2	—	—
马尾松 <i>Pinus massoninana</i>	—	22. 8	12. 2	39. 5	13. 6	—
山胡椒 <i>Lindera glauca</i>	—	—	—	—	—	9. 8
东南石栎 <i>Lithocarpus harlandii</i>	—	20. 2	1. 7	—	63. 5	—
格氏栲 <i>Castanopsis kawakamii</i>	25. 4	—	1. 4	—	—	—
山槐 <i>Albizia macrophylla</i>	—	—	—	—	—	19. 5
拟赤杨 <i>Alniphyllum fortunei</i>	—	8. 6	1. 0	—	—	—
刨花楠 <i>Machilus pauhoi</i>	5. 9	10. 4	8. 4	—	—	—
薯豆 <i>Elaeocarpus japonicus</i>	—	15. 8	4. 6	—	—	—
千年桐 <i>Vernicia montana</i>	—	—	—	—	—	28. 2
柳杉 <i>Cryptomeria fortunei</i>	—	—	—	—	—	26. 3
少叶黄杞 <i>Engelhardtia fenzellii</i>	—	—	7. 4	—	13. 0	—
深山含笑 <i>Michelia maudiae</i>	—	—	5. 3	—	—	—
赤楠 <i>Syzygium buxifolium</i>	—	8. 6	7. 8	—	—	—
广东润楠 <i>Machilus Kwangtungensis</i>	3. 7	—	9. 3	29. 2	—	—
刺毛杜鹃 <i>Rhododendron championae</i>	5. 0	—	4. 3	—	—	—
红楠 <i>Machilus thunbergii</i>	—	4. 7	4. 6	—	—	—
云山青冈 <i>Cyclobalanopsis nubium</i>	—	—	4. 7	—	—	—
马银花 <i>Rhododendron ovatum</i>	—	—	3. 9	—	—	—
酸枣 <i>Choerospondias axillaris</i>	—	—	2. 1	—	—	24. 8
树参 <i>Dendropanax dentiger</i>	10. 0	10. 8	2. 9	—	—	—
狗牙锥 <i>Castanopsis lamontii</i>	7. 5	8. 4	2. 3	—	—	—
冬青 <i>Ilex purpurea</i>	3. 8	3. 1	2. 4	—	10. 0	—
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	3. 7	5. 7	1. 4	—	—	—
含笑 <i>Michelia figo</i>	7. 3	—	1. 0	—	—	—
蚊母树 <i>Distylium myricoides</i>	—	3. 2	1. 4	—	—	21. 0
闽粤栲 <i>Castanopsis fissa</i>	9. 8	—	1. 3	6. 2	—	—

Note : The community names correspond to those in Table 1

2. 3 丰富度指数 Margalef 指数^[5]

$$R = \frac{s - 1}{\ln(N)}$$

(2)

式中 :s 为物种数 ;N 为个体总数。

2.4 多样性指数 Shannon-Wiener 指数^[6]

$$H' = - \sum_{i=1}^s (P_i \ln p_i) \tag{3}$$

式中 : P_i 是第 i 种比例多度 , 给定为 : $P_i = N_i / N$; N_i 为第 i 种物种个体数 $i = 1 \ 2 \ 3 \dots S$ 。

2.5 物种优势度 Simpson 指数^[7]

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^s N_i (N_i - 1)}{N (N - 1)} \tag{4}$$

式中 : N_i 、 N 意义同上。

2.6 均匀度指数 Pielou 指数

$$E = \frac{H'}{\ln (s)} \tag{5}$$

式中 : H' 为 Shannon-Wiener 指数 , s 为物种数。

3 研究结果

3.1 多度分析

本文用 Weibull 分布来拟合该防护林的物种 - 多度分布规律。首先对观察的物种 - 多度值进行分组 , 组间距视观察值具体而定。这里分组间距乔木层物种为 4 , 灌木层物种为 2 , 然后各上限值再加 0.5 , 以使各组间界限明了。分组结果列于表 3、表 4 , 用 Weibull 分布模型来拟合建溪流域常绿阔叶防护林主要群落米槠群落、栲树群落、甜槠群落、福建青冈群落、石栎群落、闽楠群落的乔木层物种 - 多度、灌木层物种 - 多度。拟合结果列于表 5。其结果表明了建溪流域常绿阔叶防护林主要群落的乔木层、灌木层的物种 - 多度分布均符合 Weibull 分布。

表 3 防护林乔木层物种 - 多度分组

Table 3 The group of species abundance in tree layer of shelter-forest

分组 Groups	组中值 Mean value	实际频数 Real value	理论频数 Theoretical value
0.5 ~ 4.5	2.5	37.00	32.39
4.5 ~ 8.5	6.5	15.00	19.03
8.5 ~ 12.5	10.5	9.00	9.73
12.5 ~ 16.5	14.5	3.00	4.69
16.5 ~ 20.5	18.5	3.00	2.17
20.5 ~ 24.5	22.5	0.00	0.97
24.5 ~ 28.5	26.5	0.00	0.43
28.5 ~ 32.5	30.5	1.00	0.18
32.5 ~ 36.5	34.5	1.00	0.00

表 4 防护林灌木层物种 - 多度分组

Table 4 The group of species abundance in shrub layer of shelter-forest

分组 Groups	组中值 Mean value	实际频数 Real value	理论频数 Theoretical value
0.5 ~ 2.5	1.5	25.00	20.83
2.5 ~ 4.5	3.5	12.00	15.76
4.5 ~ 6.5	5.5	10.00	10.88
6.5 ~ 8.5	7.5	5.00	7.24
8.5 ~ 10.5	9.5	6.00	4.71
10.5 ~ 12.5	11.5	3.00	3.02
12.5 ~ 14.5	13.5	3.00	1.91
14.5 ~ 16.5	15.5	0.00	1.20
16.5 ~ 18.5	17.5	1.00	0.74
18.5 ~ 20.5	19.5	2.00	0.70

表 5 物种 - 多度分布的 Weibull 分布拟合结果

Table 5 The simulated results of species abundance distribution by Weibull model

参数 Parameter	a	b	c	卡方统计量 χ^2 value	$\chi^2_{(0.05)}$	结果 Result
乔木层 Trees	0.5	6.310865	1.126060	7.264351	12.59158	符合 Yes
灌木层 Shrubs	0.5	5.078255	1.103972	7.181251	14.06715	符合 Yes

由 Weibull 分布的形状参数 c 的意义可以看出,乔木层、灌木层物种的多度分布均呈偏山状分布,且趋于呈倒 J 形分布,尤以灌木层物种的分布为明显,其形状参数 c 分别为 1.12606 和 1.103972,说明建溪流域常绿阔叶防护林主要群落的乔木层、灌木层的物种多度分布不均匀,群落的组成是以少数几个物种为主,群落中的多数物种的个体数量较少,即群落的物种均匀度相对较小。由于根据形状参数 c 可以判定物种-多度分布形状,因此,形状参数 c 可以作为反映物种多样性特征的具有生态学意义的生态指标。

3.2 物种多样性分析

3.2.1 群落类型与物种多样性

表 6 建溪流域防护物种多样性指数及与暖温带落叶阔叶林的比较
Table 6 The richness comparison between evergreen broad-leaved shelter-forests in Jianxi River vally and deciduous broad-leaved forests in North China

建溪流域防护林 Evergreen broad-leaved shelter forests in Jianxi River valley							暖温带落叶阔叶林 Deciduous broad-leaved forests in North China		
	米槠群落 ①	栲树群落 ②	甜槠群落 ③	福建青冈 ④	石栎群落 ⑤	闽楠群落 ⑥	北部 North	中部 Central	南部 South
R									
乔木 Trees	3.40 ± 0.31	4.18 ± 0.23	7.65 ± 0.42	2.17 ± 0.13	1.45 ± 0.12	2.73 ± 0.15	0.77	0.95	1.56
灌木 Shrubs	4.62 ± 0.35	4.58 ± 0.29	10.4 ± 0.53	4.39 ± 0.32	3.75 ± 0.26	3.45 ± 0.23	1.57	1.87	2.66
草本 Grass	1.27 ± 0.09	4.16 ± 0.24	7.67 ± 0.35	2.27 ± 0.16	3.00 ± 0.19	3.99 ± 0.23	3.53	4.34	3.60
总和 Total	9.29	12.92	25.72	8.83	8.20	10.17	5.87	7.16	7.82
H'									
乔木 Trees	2.16 ± 0.04	2.40 ± 0.13	2.26 ± 0.02	1.25 ± 0.07	0.99 ± 0.01	1.70 ± 0.03	0.69	1.01	1.10
灌木 Shrubs	2.29 ± 0.08	1.49 ± 0.05	3.01 ± 0.10	2.49 ± 0.04	2.34 ± 0.09	1.98 ± 0.11	1.12	1.51	1.53
草本 Grass	0.47 ± 0.12	2.45 ± 0.03	3.30 ± 0.24	1.81 ± 0.06	2.15 ± 0.09	2.07 ± 0.08	1.55	1.81	1.72
总和 Total	4.92	6.38	8.51	5.55	5.48	5.75	3.66	4.33	4.35
λ									
乔木 Trees	0.17 ± 0.02	0.17 ± 0.03	0.28 ± 0.01	0.49 ± 0.05	0.48 ± 0.02	0.30 ± 0.03	0.46	0.53	0.52
灌木 Shrubs	0.14 ± 0.01	0.47 ± 0.06	0.09 ± 0.03	0.11 ± 0.02	0.12 ± 0.05	0.24 ± 0.02	0.41	0.37	0.29
草本 Grass	0.83 ± 0.09	0.15 ± 0.02	0.05 ± 0.01	0.18 ± 0.02	0.15 ± 0	0.19 ± 0.02	0.26	0.19	0.23
总和 Total	1.14	0.79	0.42	0.78	0.75	0.73	1.31	1.09	1.04
E									
乔木 Trees	0.79 ± 0.05	0.79 ± 0.10	0.58 ± 0.10	0.52 ± 0.06	0.48 ± 0.05	0.74 ± 0.03	0.46	0.56	0.69
灌木 Shrubs	0.78 ± 0.03	0.44 ± 0.09	0.70 ± 0.03	0.86 ± 0.05	0.86 ± 0.04	0.73 ± 0.06	0.63	0.68	0.70
草本 Grass	0.21 ± 0	0.75 ± 0.01	0.80 ± 0.05	0.93 ± 0.05	0.90 ± 0.10	0.66 ± 0.01	0.67	0.76	0.62
总和 Total	1.78	1.98	2.15	2.31	2.24	2.13	1.76	1.94	2.01

Note :The community names correspond to those in Table 1.

由表 6 可以看出 ,米槠群落、栲树群落、甜槠群落具有相对较高的丰富度 ,显示这些群落类型包含有较多的物种。尤其是甜槠群落 ,比其它类型更高出一倍。说明在福建中亚热带地区 ,栲类的森林群落类型在本地区表现为物种丰富 ,组成复杂。这与对该区的植物区系分析结果是一致的^[2]。表中数据统计检验表明 ,除了甜槠群落外 ,米槠群落、栲树群落、福建青冈、石砾群落和闽楠群落的 R 值、 H' 差别不显著。根据彭少麟^[8]、吴承祯^[9]等人的研究 ,认为在正常状态下 ,亚热带森林生态系统内 ,群落林下木本植物物种多样性明显高于乔木层是一个普遍规律。从表中 6 种森林类型的多样性指数 H' 值可以看出 ,除了米槠群落、栲树群落由于受人为干扰外 ,其它 4 种群落都符合这个规律。但对于低海拔靠近的森林农林交错区 ,显示出较为强烈的人为干扰 ,应加强管理 ,促进森林生态系统功能的恢复。

3.2.2 与暖温带落叶阔叶林比较

从表中可以看出 ,建溪流域常绿阔叶防护林所包含的物种明显比暖温带落叶阔叶林丰富^[10]。显然 ,这是由于其地处我国亚热带地区 ,水热资源丰富 ,因此物种丰富度 R 值、多样性指数 H' 值和均匀度 E 值也相应更高 ,优势度 λ 值也更小。

4 结论

- (1)从林业持续发展和生物多样性保护原则出发 ,物种多样性应是计量评价防护林综合效益的重要指标之一。本文应用 Weibull 分布模型来拟合建溪流域常绿阔叶防护林主要群落的乔木层树种、灌木层树种的物种 - 多度分布 ,拟合结果表明 ,二者的物种 - 多度分布符合 Weibull 分布。用 Weibull 分布模型来描述防护林的物种 - 多度格局是可行的。
- (2)建溪流域常绿阔叶防护林体系的物种多样性较高 ,说明防护林物种组成丰富。防护林体系结构较合理 ,防护效果较好。但在低海拔地区 ,受人为干扰较大 ,应加强保护管理。
- (3)物种多样性指数用来作为反映防护林的结构与功能的指标 ,结果较为理想 ,因此 ,多样性指数可以作为防护林评价指标体系的选择对象。在防护林的建设过程中我们既要考虑群众的经济效益 ,也要考虑长远的生态效益。在充分考虑防护林的水源涵养、水土保持等功能 ,还必须注意防护林在生物多样性保护等方面的积极作用。

参 考 文 献

1 李旭光 ,石培礼 ,王金锡. 绵阳官司河流域防护林的初步研究. 西南师范大学学报(自然科学版) ,1994 ,19 (6) 631 ~ 638

2 章浩白主编. 福建森林. 北京 :中国林业出版社 ,1993 525 ~ 533

3 吴承祯 ,洪伟. 观光木群落物种多度分布的 Weibull 模型研究. 福建林学院学报 ,1997 ,17(1) :20 ~ 24

4 丁思统. 威布尔(Weibull)分布及其拟合. 江西农业大学学报. 1985 3 45 ~ 52

5 Mahalanobis P C. On the generalized distance in statistics. *Proceedings of the National Institute of India* ,1939 ,12 49 ~ 52

6 Menhinick E F. A comparison of some species-individuals diversity indices applied to samples of field indices. *Ecology* ,1964 4 (5) 859 ~ 861.

7 Simpson E H. Measurement of diversity. *Nature* ,1949 ,16(3) 688

8 彭少麟 ,王伯荪. 广东亚热带森林群落物种多样性. 生态科学 ,1983 (2) 98 ~ 104

9 吴承祯 ,洪伟 ,陈辉等. 万木林中亚热带常绿阔叶林物种多样性研究. 福建林学院学报 ,1996 ,16(1) 33 ~ 37

10 谢晋阳 ,陈灵芝. 暖温带落叶阔叶林的物种多样性特征. 生态学报 ,1994 ,14(4) 337 ~ 344