

福建万木林保护区观光木群落物种相对多度模型的拟合研究

吴承祯¹ 洪伟¹ 郑群瑞²

(1. 福建农林大学, 福建 南平 353001; 2. 福建省万木林自然保护区管理站, 福建 建瓯 353105)

摘要: 应用群落物种相对多度分布的几何级数分布模型、对数级数分布模型、对数正态分布模型、分割线段模型和Weibull模型, 对观光木群落物种相对多度分布进行了对比研究。结果表明, 对于乔木层物种, 其相对多度分布可用对数级数分布、对数正态分布、Weibull分布、几何级数分布和分割线段模型来拟合; 而对于灌木层物种相对多度分布则可用对数级数分布、对数正态分布和Weibull分布加以拟合。研究结果为观光木群落物种多样性保护提供了理论基础。

关键词: 观光木群落; 物种相对多度分布

中图分类号: Q948.121

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395(2001)03-0235-08

APPLICATION OF VARIOUS PATTERNS TO THE STUDY ON SPECIES RELATIVE ABUNDANCE IN *TSOONGIODENDRON ODORUM* COMMUNITY

WU Cheng-zhen¹ HONG Wei¹ ZHENG Qun-rui²

(1. Fujian Agriculture and Forestry University, Nanping 353001, China;
2. Administrative Station of Wanmulin Nature Reserve, Jian'ou 353105, China)

Abstract: Species relative abundance distribution in *Tsoongiodendron odorum* community in Wanmulin Nature Reserve, Fujian Province, was studied by using patterns of geometric series distribution, log series distribution, log normal distribution, broken stick model and Weibull distribution to evaluate the simulation of such methods. Twenty-two species in tree layer were randomly investigated, and 33 species in shrub layer were surveyed in a quadrat of 5 m × 10 m. The simulation results show that the species relative abundance of tree layer in the community can be well described by all the models mentioned above, while that of shrub layer can be well described by log series distribution, log normal distribution and Weibull distribution. It is suggested that these methods might be useful for the protection of biodiversity of the community dominated by endangered *Tsoongiodendron odorum*.

Key words: *Tsoongiodendron odorum* community; Species relative abundance distribution

在生物多样性研究中, 除物种多样性指数外, 还有“物种相对多度模型”, 它是利用数理统计方法描绘物种多度的分布^[1], 也是某些物种多样性指数应用的基础^[2,3]。如果能借此产生一个只有少数参数的唯一的理论分布形式, 符合来自群落的观察数据, 这些参数或分布曲线的形状即可作为群落多样性的度量指标^[4-6], 且常常由物种相对多度模型反映的群落多样性的变化是单一的物种多

收稿日期: 2000-07-05

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目 (F991)

样性指数无法揭示的^[7]。为此,生态学家提出了各种模型以试图使这些多度格局数量化,常见的统计模型有4类:Whittaker提出的几何级数分布、MacArthur提出的分割线段分布、Fisher等提出的对数级数分布和Preston提出的对数正态分布^[5-7]。笔者曾提出应用Weibull分布研究物种相对多度分布,并取得理想效果^[8]。观光木(*Tsoongiodendron odorum* Chun)属木兰科常绿乔木,为偶见种,属渐危种,已被列为国家二级保护植物^[9]。有关濒危植物观光木群落生态学研究鲜见报道^[10],为此,本文采用上述5种物种相对多度分布模型对濒危植物观光木群落物种相对多度进行了拟合,并进行了不同模型的对比分析,以探讨适合于观光木群落物种多度研究的物种相对多度分布模型,反映濒危植物观光木群落物种分布与结构状况,从而为观光木群落生物多样性的测定和保护、观光木濒危机制的揭示提供理论依据。

1 万木林观光木群落的生境

万木林自然保护区位于福建省北部建瓯市,地处武夷山脉东南侧低山丘陵地带,北纬27°03',东经118°09',面积189 hm²,主山脊呈南北走向,海拔234-556 m,相对高差322 m。自然保护区区域气候为中亚热带季风型气候,年平均气温18.7℃,日平均气温≥10℃的年平均活动积温为5 899.4℃。年平均霜期75 d,冬季有寒潮影响,但较弱。年平均降水量1 673.3 mm,多集中于春夏雨季,全年相对湿度达81%。土壤为常绿阔叶林下发育在片麻岩风化的坡积母质、少石砾、中壤质、中量腐殖质的厚层山地黄红壤,土壤反应呈酸性,pH值5.0左右。植被主要是由喜暖的樟科(Lauraceae)、木兰科(Magnoliaceae)、杜英科(Elaeocarpaceae)、茶科(Theaceae)、冬青科(Aquifoliaceae)、山矾科(Symplocaceae)和金缕梅科(Hamamelidaceae)等的常绿阔叶树种所组成的中亚热带常绿阔叶林,森林繁茂,植物区系复杂。濒危植物观光木群落分布于万木林山体中部,分布面积约4 hm²,海拔380-450 m,地处沟谷、山坡中部,水热条件较好,林内枯枝落叶层厚达2-3 cm。

2 研究方法

2.1 调查方法

采用随机偶对法对观光木群落进行无样地调查其乔木层树种种类、胸径、树高及各种类数量等指标,采用5 m × 10 m样方法调查观光木群落内灌木和幼苗幼树种类、高度及盖度、分布情况等结构特征。现将调查所得的乔木层22种植物按其重要值大小顺序列于表1,灌木层物种情况列于表2^[10]。

2.2 物种相对多度模型

2.2.1 对数级数分布

对数级数的形式为: $ax, ax^2/2, ax^3/3, \dots, ax^n/n$ (1)

式中 ax 为预期只有1个个体的物种数目; $ax^2/2$ 为预期具有2个个体的物种数目; ax^n/n 为预期具有 n 个个体的物种数目。

显然,物种总数(S)是上述各项之和。可由下式求得:

$$S=a[-\ln(1-x)] \quad (2)$$

$$\text{且 } N=ax/(1-x) \quad (3)$$

合并(2)式和(3)式得到物种总数与个体总数(N)之间关系:

$$S = a \ln(1 + N/a)$$

式中的a为Fisher等^[9]首倡的多样性指数。大量的研究表明^[9], a是一个很好的多样性指数, 即使对数级数模型不是最好的理论分布的时候, 也是如此。

表1 观光木群落乔木层植物的重要值

Table 1 Importance values of species in tree layer in *Tsoongiodendron odorum* community

树种 Tree species	相对密度(%) Relative density	相对频度(%) Relative frequency	相对优势度(%) Relative dominance	重要值(%) Importance value
观光木 <i>Tsoongiodendron odorum</i>	11.67	12.07	31.45	55.19
尖叶水丝梨 <i>Sycopsis dunnii</i>	15.00	15.52	2.98	33.50
拉氏栲 <i>Castanopsis lammontii</i>	5.00	5.17	20.36	30.53
猴欢喜 <i>Sloanea sinensis</i>	10.00	10.34	2.83	23.17
桂北木姜子 <i>Litsea subcoriacea</i>	8.33	8.62	5.37	22.32
笔罗子 <i>Meliosma rigida</i>	8.33	8.62	3.26	20.21
山黄皮 <i>Randia cochinchinensis</i>	6.67	6.90	1.41	14.98
铁冬青 <i>Ilex rotunda</i>	6.67	6.90	1.41	14.98
福建含笑 <i>Michelia fujianensis</i>	1.67	1.72	6.88	10.27
木荷 <i>Schima superba</i>	3.33	3.45	3.30	10.08
枫香 <i>Liquidambar formosana</i>	1.67	1.72	6.27	9.66
薄叶山矾 <i>Symplocos anomala</i>	3.33	3.45	1.69	8.47
红皮树 <i>Styrax suberifolia</i>	3.33	3.45	1.23	8.01
浙江桂 <i>Cinnamomum chekiangense</i>	1.67	1.72	3.71	7.10
少叶黄杞 <i>Engelhardtia fenzelii</i>	1.67	1.72	1.85	5.24
福建山矾 <i>Symplocos fukienensis</i>	1.67	1.72	1.51	4.90
杜英 <i>Elaeocarpus decipiens</i>	1.67	1.72	1.06	4.45
深山含笑 <i>Michelia maudiae</i>	1.67	1.72	1.01	4.40
厚皮香 <i>Ternstroemia gymnanthera</i>	1.67	1.72	0.81	4.20
闽楠 <i>Phoebe bournei</i>	1.67	1.72	0.74	4.13
刨花楠 <i>Machilus pauhoi</i>	1.67	1.72	0.66	4.05
米槠 <i>Castanopsis carlesii</i>	1.67	1.72	0.22	3.61

2.2.2 对数正态分布

对数正态分布模型是由物种在每一多度级上的物种数量(物种频度)给出^[7]:

$$S(R) = S_0 e^{(-aR^2)} \tag{4}$$

其中S(R)是由众数开始第R个倍频程种的数目; S₀是众数倍频程上种数的估计值; 参数a是分布宽度的倒数测量。R值由下式给出:

$$R = \log(N_i/N_0) \tag{5}$$

其中N_i和N₀分别为第i个倍频程和众数倍频程上种的多度。

参数a由以下公式求解:

$$a = \sqrt{\frac{\ln[S(0)/S(R_{max})]}{R_{max}^2}} \tag{6}$$

其中S(0)是众数倍频程上种的观察数目, S(R_{max})是距离众数最远的倍频程(R_{max})种的观察数目。参数S₀的估计值由下式给出:

表2 观光木群落灌木层物种株数和株高

Table 2 Number of individuals and plant height in shrub layer of *Tsoongiodendron odorum* community

植物 Species	株数No. of individuals	高度Plant height (cm)		
		最低Min	平均Mean	最高Max
桂北木姜子 <i>Litsea subcoriacea</i>	40	10.0	90.0	300.0
杜茎山 <i>Maesa japonica</i>	17	20.0	30.0	40.0
少叶黄杞 <i>Engelhardtia fenzelii</i>	17	30.0	95.6	250.0
浙江桂 <i>Cinnamomum chekiangense</i>	16	10.0	28.5	40.0
福建山矾 <i>Symplocos fukiensis</i>	13	20.0	50.0	100.0
细齿叶柃 <i>Eurya nitida</i>	6	50.0	88.0	300.0
闽楠 <i>Phoebe bournei</i>	6	50.0	68.4	80.0
笔罗子 <i>Meliosma rigida</i>	6	130.0	150.0	250.0
三花冬青 <i>Ilex triflora</i>	5	60.0	145.8	250.0
浙江新木姜子 <i>Neolitsea chekiangensis</i>	4	40.0	72.1	300.0
杜英 <i>Elaeocarpus decipiens</i>	4	50.0	100.0	180.0
密花山矾 <i>Symplocos congesta</i>	4	10.0	40.0	300.0
沿海紫金牛 <i>Ardisia punctata</i>	4	20.0	30.0	40.0
香叶树 <i>Lindera communis</i>	3	150.0	200.0	300.0
尖叶水丝梨 <i>Sycopsis dunnii</i>	3	100.0	200.0	300.0
猴欢喜 <i>Sloanea sinensis</i>	3	80.0	190.0	300.0
沉水樟 <i>Cinnamomum micranthum</i>	3	70.0	135.0	200.0
观光木 <i>Tsoongiodendron odorum</i>	2		20.0	
尖叶四照花 <i>Dendrobenthamia angustata</i>	2		80.0	
大青 <i>Clerodendrum cyrtophyllum</i>	2	150.0	180.0	210.0
苦枥木 <i>Fraxinus retusa</i>	2	20.0	30.0	40.0
木荚红豆 <i>Ormosia xylocarpa</i>	2		40.0	
罗浮栲 <i>Castanopsis fabri</i>	2	20.0	30.0	40.0
白花龙 <i>Styrax confusa</i>	2	80.0	100.0	120.0
铁冬青 <i>Ilex rotunda</i>	1		250.0	
华南樟 <i>Cinnamomum austro-sinense</i>	1		80.0	
狗骨柴 <i>Tricalysia dubia</i>	1		90.0	
罗浮冬青 <i>Ilex lohfauiensis</i>	1		12.0	
红皮树 <i>Styrax suberifolia</i>	1		120.0	
刨花润楠 <i>Machilus pauhoi</i>	1		50.0	
木荷 <i>Schima superba</i>	1		30.0	
红叶树 <i>Helicia cochinchinensis</i>	1		160.0	
黄绒润楠 <i>Machilus grijsii</i>	1		280.0	

$$S_0 = \exp(\overline{\ln S(R)} + a \overline{R^2}) \tag{7}$$

其中 $\overline{\ln S(R)}$ 是每个倍频程上观测种数目对数的平均值, a 由 (6) 式估测, $\overline{R^2}$ 是 R^2 的平均值。

模型 (4) 中种的理论数目由下式给出:

$$S^* = \sqrt{\pi} (S_0/a) \tag{8}$$

其中 π 为圆周率, S_0 和 a 由 (7) 和 (6) 式给出。

2.2.3 Weibull 分布模型

Weibull 分布概率密度函数为^[8,11]:

$$f(x) = \frac{c}{b} (x-a)^{c-1} \exp\left(-\frac{(x-a)^c}{b}\right) \quad x \geq a \tag{9}$$

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。尺度参数 b 象正态分布

的 σ 那样,是一个整体尺度参数,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形;当 $c < 3.6$ 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。

2.2.4 几何级数分布

几何级数分布模型是由物种的多度值以从大到小的顺序给出,并由下列公式计算出^[9]:

$$A_r = E[p(1-p)^{r-1}] \quad (10)$$

其中 A_r 为第 r 个物种的多度值; E 为总资源量; p 为最重要物种占有资源的比例。该模型体现了生态位优先占领假说,即群落中物种对资源的占有作如下分配:第一位优势种优先占领有限资源的一部分;第二位的优势种又占领余下资源的一部分。依此类推,直到剩下的资源不能再维持一个物种生存为止。这样就形成了一个几何级数^[12,13]。

2.2.5 分割线段模型

分割线段模型有时又称为随机生态位边界假说,假说假定全部物种个体加在一起是一个常量,那么某个物种个体数多了,其它物种的个体就会相应地减少,亦即生态位不能重叠。可以设想资源为一棒状物(或一线段),各物种生态位的边界随机地记在这根棒状物上。从而该棒状物被分割为若干段,每一段代表一个物种的生态位大小。其表达式为:

$$N_j = \frac{N}{S} \sum_{i=1}^j [1/(S-i+1)] \quad (11)$$

式中 N_j 为第 j 个物种(按优势程度从小到大顺序排列)的个体数; N 为各物种的个体数之和; S 为调查到的物种总数。

生态学家通常用两种不同的方法研究物种相对多度分布,即物种重要性顺序-多度表和物种多度分布表。根据不同物种相对多度分布模型要求,对数级数分布、对数正态分布和Weibull模型采用物种多度分布表法,而几何级数分布和分割线段模型则采用物种重要性顺序-多度表法。对于对数级数分布、对数正态分布、Weibull模型和几何级数分布模型,其有关参数的求解均存在其传统的方法,但由于其传统方法的缺陷,导致它们的参数求解结果并非最优。笔者曾提出采用遗传算法对对数正态分布模型和Weibull模型进行最优拟合,取得理想效果^[11,14]。本文对这些模型有关参数的求解均采用遗传算法进行最优拟合^[14,19],并编制其计算机计算程序。模型的检验采用 χ^2 检验,即 $\chi^2 = \sum (\text{观察值} - \text{预测值})^2 / \text{预测值}$,查 χ^2 表,检验观察值与预测值之间的差异显著性。

3 结果和分析

3.1 对数级数分布

将观光木群落的乔木层和灌木层物种的有关数据输入对数级数分布的遗传算法运行程序进行计算,求得观光木群落各层次物种多度分布的对数级数分布参数:

乔木层: $x=0.9054$, $a=8.3435$

灌木层: $x=0.9521$, $a=9.9419$

将 x 和 a 值代入式(1)计算各个体数的预测物种数目,进一步求得各多度级的物种数预测值(表3)。查 χ^2 表知,观光木群落乔木层的自由度=3(多度级数-1), $\chi^2(3, 0.05) = 7.815$, $\sum \chi^2 = 0.833$ $1 < \chi^2(0.05)$,观察值与预测值之间无明显差异。灌木层的自由度=5, $\chi^2(5, 0.05) = 11.070$, $\sum \chi^2 = 3.231$ $3 < \chi^2(0.05)$,观察值与预测值之间也无明显差异。因此,观光木群落乔木层和灌木层物种相对多度

分布均符合对数级数分布。

表3 观光木群落物种相对多度的对数级数分布检验

Table 3 Fitness test on relative abundance by log series distribution in *Tsoongiodendron odorum* community

多度级 Class	上限值 Upper limit value	乔木层 Tree layer			灌木层 Shrub layer		
		观察值 Observed value	预测值 Expected value	x ² 值 x ² value	观察值 Observed value	预测值 Expected value	x ² 值 x ² value
1	2.5	14	14.39	0.0106	16	18.48	0.3328
2	4.5	3	3.47	0.0637	8	4.90	1.9612
3	8.5	4	2.85	0.4640	4	4.64	0.0883
4	16.5	1	1.71	0.2948	2	3.67	0.7599
5	32.5				2	2.17	0.0133
6	64.5				1	0.76	0.0758
Σ		22		0.8331	33		3.2313

3.2 对数正态分布

根据观光木群落乔木层和灌木层物种在每个倍频程上种的数目，可确定各层的众数倍频程。利用遗传算法^[4]对其分布模型进行数值计算，得到对数正态分布模型的参数S₀和a的最优组合值：

乔木层：S₀=8.759 1, a=0.387 3

灌木层：S₀=9.096 1, a=0.355 7

将S₀和a值代入式(4)计算各倍频程的预测物种数目(表4)。查x²表知，乔木层的自由度=3(多度级数-1)，x²(3, 0.05)=7.815, Σx²=2.768 3<x²(0.05)，观察值与预测值之间无明显差异。灌木层的自由度=5, x²(5, 0.05)=11.070, Σx²=3.481 8<x²(0.05)，观察值与预测值之间也无明显差异。因此，观光木群落的物种相对多度分布均符合对数正态分布。

由于对数正态分布曲线下的面积是代表可以观察到的物种的种的理论数目S*，它可由式(8)计算得到，观光木群落乔木层和灌木层对应的期望总数分别为40和46种，而实际观察数则只有22和33种。因此从理论上讲，乔木层有18种乔木可能因数量少而没有调查到，而灌木层则有13种物种也可能因数量少而没有调查到。对数正态分布拟合结果反映了如下生态意义：1) 不管在乔木层还是灌木层中，多度最大的物种是少数；而多度较小，甚至是稀有种或罕见种的物种较多。这一结论符合实际情况。2) 理论数目S*是丰富度的估计值，计算表明乔木层物种理论数目为40种、灌木层物种为46种，说明观光木群落物种较丰富，物种组成较复杂。

表4 观光木群落物种相对多度的对数正态分布检验

Table 4 Fitness test on relative abundance by log normal distribution in *Tsoongiodendron odorum* community

倍频程 Class	R	乔木层 Tree layer			R	灌木层 Shrub layer		
		观察值 Observed value	预测值 Expected value	x ² 值 x ² value		观察值 Observed value	预测值 Expected value	x ² 值 x ² value
1	0	11	8.76	0.5728	-1	9	8.02	0.1198
2	1	3.5	7.54	2.1647	0	9	9.10	0.0011
3	2	5	4.81	0.0075	1	8.5	8.02	0.0287
4	3	2.5	2.27	0.0233	2	1.5	5.48	2.8906
5					3	4	2.91	0.4083
6					4	1	1.20	0.0333
Σ		22		2.7683		33		3.4818

3.3 Weibull分布模型

为了对观光木群落物种相对多度分布的Weibull模型进行检验, 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2, 灌木层为1, 然后各上限值加0.5, 以使各组间界限明了。分别用Weibull模型拟合乔木层和灌木层物种相对多度分布, 适合性检验表明, 其相对多度分布均符合Weibull分布(表5)。由Weibull分布模型的形状参数c可以看出, 多度分布呈偏山状分布, 说明物种多度分布不均匀, 物种组成以少数几个种为主, 群落中的多数种个体数量较少, 因此形状参数c可以作为反映群落物种多样性特征的具有一定生态学意义的生态指标。

表5 观光木群落物种相对多度的Weibull分布检验

Table 5 Fitness test on relative abundance by Weibull distribution in *Tsoongiodendron odorum* community

参数 Parameter	a	b	c	x ² 值 x ² value	结果 Result
乔木层 Tree layer	-3.2436	10.2551	1.4354	0.7532	符合 Yes
灌木层 Shrub layer	-0.9870	10.1048	1.5442	10.2265	符合 Yes

3.4 几何级数分布和分割线段模型

根据物种相对多度分布的几何级数分布理论, 应用遗传算法可以计算得到几何级数分布模型的重要参数P, 依据式(10)可计算得到不同物种的多度值预测值, 从而计算乔木层和灌木层几何级数分布所对应的x²值(表6)。根据物种相对多度分布的分割线段模型(11)可以计算得到不同物种的多度值预测值, 并计算得到乔木层和灌木层物种相对多度分布的分割线段模型对应的x²值(表6)。经检验, 乔木层物种相对多度分布的几何级数分布和分割线段模型的预测值与观察值之间不存在显著差异, 而灌木层物种相对多度分布的几何级数分布和分割线段模型的预测值与实际观察值之间存在显著差异。因此, 几何级数分布和分割线段模型适合于观光木群落乔木层物种相对多度分布描述, 而不适合于其灌木层物种相对多度描述。同时说明观光木群落乔木层物种个体数量上的优势没有得到足够的发展, 各物种的数量虽然有差别, 但并不显著, 而灌木层物种组成复杂且物种间个体差异较大。

表6 观光木群落物种相对多度的几何级数和分割线段模型检验

Table 6 Fitness test on relative abundance by geometric series and broken-stick distribution in *Tsoongiodendron odorum* community

模型 Model	几何级数分布 Geometric series model		分割线段模型 Broken-stick distribution	
	P值 P value	x ² 值 x ² value	x ² 值 x ² value	
乔木层 Tree layer	0.1414	4.071	11.210	
灌木层 Shrub layer	0.1802	681.910	159.948	

3.5 不同分布模型拟合的比较

本文采用5种分布模型拟合了观光木群落物种相对多度分布, 但

各种理论分布模型的适用性如何还需进一步分析与评价。常用的评价方法有x²检验法、平均对数偏差及方差分析等^[2, 17-20], 这里采用x²检验法对5种分布模型的适用性进行比较。根据5种分布模型拟合结果对应的x²值大小(表3-6), 可以认为, 对于观光木群落乔木层物种相对多度分布, 可以采用对数级数分布、对数正态分布、Weibull分布、几何级数分布和分割线段模型加以描述, 且尤以对数级数分布、Weibull分布和几何级数分布为佳, 但考虑到实用性和可操作性, 建议采用对数级数分布和Weibull分布模型。对于灌木层物种相对多度分布, 可以采用对数级数分布、对数正态分布或Weibull分布予以研究, 但对数级数分布和对数正态分布更理想。

参考文献:

- [1] 林金安. 植物科学综论 [M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1993, 222-233.
- [2] 马克平, 刘灿然, 于顺利, 等. 北京东灵山山区植物群落多样性的研究 III. 几种类型森林群落的种-多度关系研究 [J]. 生态学报, 1997, 17(6): 573-583.
- [3] 中国科学院生物多样性委员会. 生物多样性研究的原理与方法 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1994, 141-165.
- [4] Fisher R A, et al. The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population [J]. *J Anim Ecol*, 1943, 12: 42-58.
- [5] Magurran A E. Ecological Diversity and Its Measurement [M]. Sydney: Croom Helm, 1988, 1-79.
- [6] Pielou E C. Mathematical Ecology [M]. New York: Wiley-Interscience, 1985, 35-98.
- [7] May R M. Pattern of species abundance and diversity [A]. In: Cody M L, Diamond J M. Ecology and Evolution of Communities [M]. Cambridge: Harvard Univ. Press, 1975, 81-120.
- [8] 洪伟, 林成来, 吴承祯, 等. 福建建溪流域常绿阔叶防护林物种多样性特征研究 [J]. 生物多样性, 1999, 7(2): 208-213.
- [9] 傅立国. 中国植物红皮书—稀有濒危植物(第一册) [M]. 北京: 科学出版社, 1992, 454.
- [10] 郑群瑞, 张兴正, 姚清潭, 等. 福建万木林观光木群落学特征研究 [J]. 福建林学院学报, 1995, 15(1): 22-27.
- [11] 吴承祯, 洪伟. 杉木人工林胸径生长的Weibull分布及其最优拟合研究 [J]. 江西农业大学学报, 1998, 20(1): 86-90.
- [12] Whittaker R H. Dominance and diversity in land plant communities [J]. *Science*, 1965, 147: 250-260.
- [13] Whittaker R H. Evolution and measurement of species diversity [J]. *Taxon*, 1972, 21: 213-351.
- [14] 吴承祯, 洪伟. 物种多度对数正态分布模型的一种数值计算方法 [J]. 应用与环境生物学报, 1998, 4(4): 409-413.
- [15] 吴承祯, 洪伟. 人工林经营过程密度最优控制研究 [J]. 自然资源学报, 1998, 13(2): 175-180.
- [16] 吴承祯, 洪伟. 用遗传算法改进在约束条件造林规划设计研究 [J]. 林业科学, 1997, 33(2): 133-141.
- [17] 张金屯. 美国纽约州阔叶林物种多度格局的研究 [J]. 植物生态学报, 1999, 23(6): 481-489.
- [18] 李旭光, 何维明, 王金锡. 绵阳官河流域防护林物种多样性特征 [J]. 西南师范大学学报, 1996, 21(4): 360-367.
- [19] 郝占庆, 陶大立, 赵士洞. 长白山北坡阔叶红松林及其次生白桦林高等植物物种多样性比较 [J]. 应用生态学报, 1994, 5(1): 16-23.
- [20] 吴承祯, 洪伟, 吴继林, 等. 两种珍稀植物群落物种多度分布的核方法研究 [J]. 热带亚热带植物学报, 2000, 8(4): 301-307.

《植物遗传资源科学》2002年征稿启事

《植物遗传资源科学》是中国农业科学院作物品种资源研究所和中国农学会遗传资源分会联合主办的专业性学术期刊, 由中国工程院院士董玉琛研究员担任主编, 2000年创刊。主要发表植物遗传资源研究报告, 介绍研究成果和学科进展, 进行学术交流, 提供可供遗传育种和农业生产利用的优异资源以及国外有关研究信息。以从事植物遗传资源科学研究工作的人员, 各有关大专院校的师生, 农业行政和推广人员为读者对象。季刊。16开本, 64页。准印证号: 京内资准字99-L0722。每期收工本邮资费5元, 全年20元。本刊编辑部常年办理订阅手续, 如需邮挂每期另加2元。编辑部地址: 100081 北京中关村南大街12号 中国农科院, 电话: 010-62186657, 传真: 010-62186629。

《亚热带植物科学》2002年征稿启事

《亚热带植物科学》系公开发行的学术性期刊。主要刊载亚热带植物的育种栽培、生理生化、形态解剖、生态、分类、资源保护与开发利用以及园林绿化、园艺花卉等方面的研究论文、报告、简报及综述。适合于相关专业的高校师生、科研院所专业人员、基层部位科管人员及个体种植经营者等阅读参考。季刊, 16开, 定价4.00元/册(另加邮包费1.00元/册), 全年20.00元, 季末月30日出版。可向全国非邮发报刊联订服务部(300385 天津市河西区大寺泉集北里别墅17号) 订阅或直接向编辑部邮购(361006 厦门嘉禾路780号《亚热带植物科学》编辑部, 联系人: 黄玉君梅, 电话: 0592-5654157)。