

森林多样性指数簇及其本质性分析

郎璞玫¹ 娄丛艳²

(1 中国林业科学研究院资源信息研究所林业遥感与信息技术实验室)

(2 吉林省吉林森工集团松江河林业有限公司)

摘要:物种丰富度作为对生物多样性十分敏感的指数,是总体物种数的偏小估计,所以生物多样性指数是一个偏序集,不宜用林地平均数作为该林分总体多样性指数的抽样估计。在众多的多样性指数集中,Shannon 指数为标准多样性指数,具有平均稀有度的性质。将不满足平均稀有度的指数称为边际多样性指数。由实验数据获得长白山系张广才岭 14 个优势林分多样性指数的抽样估计。根据本质多样性的定义,得到 14 个优势林分的右尾和曲线值,并作多重比较。结果表明,物种的右尾和曲线的包络线是 $(0,1)$ 到 $(S,0)$ 的直线。

关键词:特征函数;边际多样性;稀有度函数;本质多样性

中图分类号:S718 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-1522(2008)05-0148-06

LANG Pu-mei¹; LOU Cong-yan². **Forest diversity index cluster and intrinsic diversity analysis.** *Journal of Beijing Forestry University* (2008) 30(5) 148-153 [Ch, 5 ref.]

¹ Key Laboratory of Forest Remote Sensing and Information Technology, Research Institute of Resource and Information, Chinese Academy of Forestry, Beijing, 100091, P. R. China;

² Songjiang River Forestry Co., Ltd., Jilin Forest Industry Group, Baishan City, 134504, P. R. China.

Species richness is a very sensitive index of biological diversity and a partial small estimation of species number. Thereby, the index of biological diversity is a partial set. Sampling estimation of biodiversity index should not use average value of forested land. Shannon index as standard diversity index has the property of average rarity. The index dissatisfying with average rarity is named as marginal diversity index. Sampling estimation of diversity indices in 14 dominant stands were acquired based on experimental data in Zhangguangcai District of Changbai Mountain. According to the concept of intrinsic diversity, right trail and curve value of 14 dominant stands were obtained and transacted by multiple comparisons. The results show that species right trail and envelope curve were the line between $(0,1)$ and $(S,0)$.

Key words character function; marginal diversity; rarity function; intrinsic diversity

该文对生物多样性指数集(包括:物种的丰富度、多样性指数、均匀度和优势度等)一一进行剖析,通过大量的实验数据找出标准的生物多样性测度指标,并根据 Patil^[1]提出的本质多样性,分析多样性指数本质。试图通过科学实验对森林生物多样性有一个更清晰的认识。

1 研究地概况

本研究资料取自长白山系张广才岭的黑龙

尚志帽儿山林场、吉林省汪清林业局^[2]、大兴沟林业局的 205 块样地。样地面积 $0.06 \sim 0.25 \text{ hm}^2$ 。在每块样地中设置 $5 \text{ m} \times 5 \text{ m}$ 的灌木样方 1 块; $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ 的草本样方 4 块(组合成 16 m^2 样方)。研究样地资料分布见表 1。

为了研究多样性指数的值域,本文引用方精云等^[3]关于热带雨林的乔木物种的频度向量(共 52 科 93 属, 171 种, 1 044 株)作为对照样本。

收稿日期:2007-09-21

<http://www.bjfujournal.cn>; <http://journal.bjfu.edu.cn>

基金项目:中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(RIFRITZJ2007002)、“十一五”国家科技支撑计划课题(2006BAD23B0202、2006BAD03A08-01)。

第一作者:郎璞玫,副研究员。主要研究方向:森林经理。电话:010-62889178 Email:langpm@sohu.com 地址:100091 中国林业科学研究院资源信息研究所。

表 1 张广才岭样地资料分布表

TABLE 1 Information distribution of sample plot in Zhangguangcai District

林分	龄组	样本数	林分	龄组	样本数
杨树(<i>Populus</i> sp.)林	幼、中、近、成	27	色木槭(<i>Acer mono</i>)林	中、近、成	15
枫桦(<i>Betula costata</i>)林	中、近	12	落叶松(<i>Larix gmelinii</i>)林	中、近	20
柞树(<i>Quercus</i> sp.)林	幼、中、近、成	32	黄波罗(<i>Phellodendron amurense</i>)林	中、近	4
椴树(<i>Tilia</i> sp.)林	中、近、成	13	其他针叶林	中、近、成	3
榆树(<i>Ulmus</i> sp.)林	幼、中、近、成	16	针阔混交林	中、近、成	5
水曲柳(<i>Fraxinus mandshurica</i>)林	中、近、成	23	其他阔叶林	幼、中、近、成	13
白桦(<i>Betula platyphylla</i>)林	中、近	11			
胡桃楸(<i>Juglans mandshurica</i>)林	中、近	11	合计		205

2 研究方法

2.1 物种丰富度和相对多度的概率特征

2.1.1 物种丰富度的估计数学期望

所谓物种丰富度是指某地区某森林群落(称为总体)的物种(包括乔木、灌木、草本的种类)数目,这是一个与总体面积呈非线性相关的统计量。由于这个统计量估计值总是明显偏小的,因此应该计算物种丰富度的数学期望^[4]。

假设某总体中有 S 个物种,随机抽取 n 个样本,设该样本实际出现的物种数 y^0 为随机变量,各物种出现的频数为 z_j ,则 y^0 的数学期望:

$$E(y^0) = S - \sum_{j=1}^y \left(1 - \frac{z_j}{n}\right)^n \tag{1}$$

推论 1:在各样本或样本集合出现物种数 y_i^0 ,一定是总体物种数 S 偏小的估计值。

推论 2:在无限总体的条件下,总体(群落)物种数 S 不能用各样本出现物种数(包括它的平均数)来估计,而应用样本合成的物种数估计,尽管它也是 S 的偏小估计。

2.1.2 标准相对多度的概率模型

正如概率分布是随机事件的完备表达式,多度

向量也是物种多样性的完备表达式。由于物种的出现是一随机事件,而不是一个随机变量,以物种重要性排序和重要值表征具有某种不确定性^[5],因此应该用标准相对多度。

某群落多样性的完备描述是按照物种 a_i 个体出现的频数(或频率) P_i ,由大至小(降序排列)的有限随机事件排列,即满足: $P_1 \geq P_2 \geq \dots \geq P_s$ 。

$$X = \begin{bmatrix} a_1, a_2, a_3, \dots, a_s \\ P_1, P_2, P_3, \dots, P_s \end{bmatrix} \tag{2}$$

式中, S 是某群落物种数,称为群落的标准相对多度分布,简称相对多度分布。

由于相对多度的概率分布是偏态的,概率模型有 9 种常用分布:韦布分布、对数正态分布、泊松分布、奈曼 A 型分布、 β 分布、负二项分布、二项分布、几何分布、对数分布等,采用统计之林软件 ForStat2.1 对上述模型进行 χ^2 检验。检验的结果表明它们均服从 β 分布,详见表 2。其实生物种相对多度的概率模型与林分直径分布的概率模型一样,很难从生物角度去证明它服从的是哪一种分布,不过本实验材料具有特有的一致性。

表 2 张广才岭森林相对多度概率模型为 β 分布的 χ^2 检验

TABLE 2 χ^2 test of relative diversity probability model β distribution in Zhangguangcai District

总体	平均数	标准差	偏度	峭度	最小值	最大值	第一指数	第二指数	χ^2	自由度	$> \chi^2$ 概率	参考结论
乔木	6.1	4.4	0.8	-0.3	0.5	23.5	0.971 0	2.988 7	638	19 623	1.00	是 β 分布
灌木	6.4	5.8	1.7	3.5	0.5	36.5	0.706 4	3.562 4	508	6 562	1.00	是 β 分布
草本	8.7	12.7	2.4	7.4	-1.5	108.5	0.494 4	4.819 3	1 220	14 837	1.00	是 β 分布

2.2 生物多样性指数簇的实质

2.2.1 生物多样性指数集概念

生物多样性是一种生物现象,虽然物种的概率向量能完备地表示它,但却不好量化它,于是产生多样性指数。

生物多样性指数是物种数 S 和对应概率 P 的特征函数 $H(S, P)$,它应满足正则性,即多样性指数 $H(1, 1) = 0$, $H(S, P) \geq 0$,且 $H(S, P)$ 是关于 S “递

增函数”并存在一条最大值的渐近曲线。

一般生物的多样性指数有:Shannon、Simpson、修正 Simpson、Mcintosh、Shannon 指数式(Hill(1))、Hill(2),它们的定义见表 3。当然要求它们对自然界的生物多样性变异有比较好的敏感性,其中较好的参照林分是海南尖峰岭热带雨林。上述多样性指数主要分为两大类:

1)第 1 类是 Shannon 类,包括 Shannon 和 Hill(1)

多样性指数。Hill(1)是 Shannon 指数放大式,它对生物多样性变异有更好的敏感性。

2)第 2 类是 Simpson 类,包括 Simpson,修正 Simpson,Mcintosh 和 Hill(2)。它们差别是对生物多样性变异的敏感性不同。

由于 Shannon 多样性指数取自信息论中“熵”的概念,所以它具有较好的解析性质。

2.2.2 生物多样性指数的实质

1)稀有度。与物种多度对应的是物种稀有度,稀有度与多度是同一事物的两种说法。将多样性的特征数——多样性指数定义为平均稀有度^[1]。

若 $X=(S,P)$ 表示群落, S 是物种数, P 是相应的概率,则该群落的多样性指数定义为平均稀有度。

$$H(X)=H(S,P)=\sum_{i=1}^SP_iR(P_i)\tag{3}$$

式中, $R(P_i)$ 是第 i 种的稀有度。

2)稀有度函数。一般来讲,第 i 种稀有度与每个物种和对应的多度有关,记为 $R(i,P_i)$ 。引入参数 $b=-1,0,1,\dots$,则稀有度函数定义为^[1]:

$$R_b(i,P_i)=\begin{cases}(1-P_i^b)/b & \text{当 } b=-1,1,\dots \\ -\ln P_i & \text{当 } b=0\end{cases}\tag{4}$$

显然,由式(4)定义的稀有度函数是在 $(0,1]$ 区间上关于 P_i 的减函数,且满足正规化条件 $R_b(1,1)=0$,得出 $R_b(i,P_i)\geq 0$ 。由于 $R_b(i,P_i)$ 是减函数,并引入新物种将增加多样性指数。表 3 将前述的多样性指数用 $R_b(i,P_i)$ 的平均稀有度表示出来。

表 3 数值型多样性指标集
TABLE 3 Index set of digital diversity

指数	多样性指数定义式	稀有度公式	平均稀有度等价公式
物种数-1	$H-1=S-1$	$R^{-1}(P)=(1-P)/P$	$\sum_{i=1}^SP_i((1-P_i)/P_i)$
Shannon	$H_0=-\sum_{i=1}^SP_i\ln P_i$	$R_0(P)=-\ln P$	$\sum_{i=1}^SP_i(-\ln P_i)$
Simpson	$H_1=1-\sum_{i=1}^SP_i^2$	$R_1(P)=1-P$	$\sum_{i=1}^SP_i(1-P_i)$
Simpson 修正	$H_0=-\ln\sum_{j=1}^SP_j^2$	$R_0(P)=-\ln P$	$R_0(R_1\sum_{i=1}^SP_i(1-P_i))$
Mcintosh	$H_1=\frac{S}{S-\sqrt{S}}\left(1-\sqrt{\sum_{i=1}^SP_i^2}\right)$	$R_1(P)=1-P$	$\frac{S}{S-\sqrt{S}}\left(1-\sqrt{R_1\sum_{i=1}^SP_i(1-P)}\right)$
Shannon 指数	$H_0=\exp(-\sum_{i=1}^SP_i\ln P_i)$	$R_0(P)=-\ln P$	$1/R_0^{\text{inv}}(\sum_{i=1}^SP_iR_0(P_i))=\exp(\sum_{i=1}^SP_i(-\ln P_i))$
Hill(2)	$H_1=(\sum_{i=1}^SP_i^2)^{-1}$	$R_1(P)=1-P$	$R_1^{-1}(\sum_{i=1}^SP_iR_1(P_i))=(1-\sum_{i=1}^SP_i(1-P_i))^{-1}$

注: R_0^{inv} 是 R_0 的逆函数。

若 $X=(S,P)$ 表示群落, S 是物种数, P 是相应的多度,则满足平均稀有度的稀有度函数(或逆函数)。

$$H(X)=H(S,P)=R_b\sum_{i=1}^SP_iR(P_i)\tag{5}$$

称为该群落的边际多样性指数。修正 Simpson、Mcintosh、Shannon 指数、Hill(2) 都是边际多样性指数。

2.3 各优势林分生物多样性指数集

样地多样性指数的平均数不能作为各优势林分(总体)的多样性估计值,选择优势林分的样地按物种累计多度向量所决定的多样性指数集作为它的估计值。

由表 4 可知:

1)张广才岭地区的乔、灌、草的多样性指数:Shannon 是 1.06~2.75; Simpson 是 0.60~0.91, Shannon 指数式是 2.89~15.73。

2)对照:热带雨林的乔木 Shannon 指数是 4.30, Simpson 指数是 0.97, Shannon 指数式是 73.7。

3)张广才岭地区的 Shannon 均度指数是 0.62~0.85,优势度指数是 0.08~0.39。

4)由于 Simpson 指数是 0.6~0.91,修正 Simpson 是 0.93~2.43,实验区与对照区差别不大,表明 Simpson 指数对生物多样性相当不敏感。Mcintosh 指数是 0.42~0.72,具有同样问题。

2.4 边际多样性指数

根据平均稀有度的定义,揭示了多样性指数的构造和性质,并将稀有度的稀有度函数(或逆函数)称为该群落的边际多样性指数。

显然 Simpson 和 Mcintosh 不宜作为多样性指数,因它们的实验区与对照数据差别不大,这就说明它对生物多样性差异不敏感。Shannon 和 Shannon 指数式可作为标准的多样性指数。

表 4 各优势林分生物多样性、均匀度、优势度指数集											
TABLE 4 Index set of biodiversity, evenness and dominance in different dominant stands											
林分类型	物种类型	物种数	Shannon 多样性指数	Shannon 指数式多样性指数	Simpson 多样性指数	修正 Simpson 多样性指数	Hill(2) 多样性指数	Mcintosh 多样性指数	Shannon 均度指数	Simpson 均度指数	优势度指数
值域			[0, lnS]	[1, S]	[0, 1)	[0, lnS]	[1, S]	(0, 1]	(0, 1]	(0, 1]	
落叶松林	乔木	15	2.12	8.33	0.82	1.72	5.63	0.58	0.78	0.88	0.17
	灌木	28	2.58	13.21	0.89	2.21	9.17	0.68	0.77	0.92	0.10
	草本	67	2.68	14.60	0.88	2.15	8.61	0.66	0.63	0.89	0.11
杨树林	乔木	13	2.07	7.93	0.84	1.84	6.31	0.61	0.80	0.91	0.15
	灌木	19	2.44	11.53	0.89	2.21	9.12	0.70	0.83	0.93	0.10
	草本	39	2.63	14.00	0.89	2.27	9.70	0.69	0.72	0.92	0.10
枫桦林	乔木	11	1.74	5.69	0.75	1.40	4.07	0.52	0.72	0.83	0.24
	灌木	13	1.93	6.94	0.79	1.57	4.83	0.58	0.75	0.85	0.20
	草本	24	2.28	9.78	0.84	1.86	6.44	0.62	0.71	0.88	0.15
柞树林	乔木	16	1.80	6.06	0.70	1.21	3.37	0.46	0.65	0.75	0.29
	灌木	19	2.15	8.66	0.83	1.79	6.00	0.61	0.73	0.87	0.16
	草本	35	2.63	13.90	0.88	2.20	9.04	0.67	0.74	0.91	0.11
椴树林	乔木	12	1.86	6.43	0.79	1.57	4.85	0.56	0.74	0.86	0.20
	灌木	14	1.92	6.86	0.78	1.51	4.56	0.56	0.73	0.84	0.21
	草本	30	2.75	15.73	0.91	2.43	11.36	0.72	0.81	0.94	0.08
榆树林	乔木	12	1.63	5.14	0.71	1.26	3.54	0.48	0.65	0.78	0.28
	灌木	16	1.98	7.24	0.77	1.49	4.46	0.54	0.71	0.82	0.22
	草本	30	2.46	11.78	0.85	1.96	7.12	0.63	0.72	0.88	0.14
水曲柳林	乔木	12	2.02	7.56	0.82	1.76	5.84	0.60	0.81	0.90	0.17
	灌木	22	2.44	11.48	0.87	2.08	8.07	0.67	0.78	0.91	0.12
	草本	33	2.58	13.24	0.89	2.24	9.48	0.68	0.73	0.92	0.10
白桦林	乔木	11	2.06	7.85	0.84	1.84	6.34	0.62	0.85	0.92	0.15
	灌木	10	1.44	4.22	0.65	1.07	2.93	0.44	0.62	0.73	0.34
	草本	20	2.03	7.66	0.81	1.66	5.27	0.57	0.68	0.85	0.18
胡桃楸林	乔木	13	1.93	6.94	0.81	1.66	5.27	0.58	0.75	0.87	0.18
	灌木	11	1.68	5.37	0.74	1.37	3.94	0.53	0.70	0.82	0.25
	草本	35	2.57	13.18	0.88	2.13	8.49	0.67	0.72	0.90	0.11
色木林	乔木	12	1.77	5.89	0.73	1.32	3.76	0.50	0.71	0.80	0.26
	灌木	13	2.01	7.52	0.83	1.82	6.19	0.62	0.78	0.90	0.16
	草本	26	2.37	10.75	0.85	1.90	6.73	0.62	0.72	0.88	0.14
黄波罗林	乔木	13	2.16	8.75	0.85	1.95	7.04	0.67	0.84	0.92	0.14
	灌木	4	1.06	2.89	0.60	0.93	2.54	0.42	0.76	0.80	0.39
	草本	16	1.77	5.89	0.75	1.39	4.02	0.52	0.63	0.80	0.24
针阔混交林	乔木	14	1.85	6.38	0.76	1.43	4.18	0.53	0.70	0.81	0.23
其他针叶林	乔木	16	2.09	8.14	0.83	1.81	6.16	0.61	0.75	0.89	0.16
其他阔叶林	乔木	16	2.32	10.21	0.87	2.09	8.14	0.66	0.83	0.93	0.12
热带雨林	乔木	171	4.30	73.71	0.97	3.58	35.94	0.85	0.83	0.97	0.02

表 5 各优势林分物种多样性指数分布								
TABLE 5 Index distribution of species biodiversity in different dominant stands								
林分类型	项目	物种数	Shannon	Shannon 指数式	Simpson	修正 Simpson	Hill(2)	Mcintosh
理论值域			[0, lnS]	[1, S]	[0, 1)	[0, lnS]	[1, S]	(0, 1]
优势林分	最小	4	1.06	2.89	0.60	0.93	2.54	0.42
	最大	39	2.77	16.06	0.91	2.50	12.30	0.72
	平均	19	2.12	9.01	0.81	1.78	6.44	0.60
热带雨林	林木	171	4.30	73.72	0.97	3.58	35.94	0.86

2.5 各优势林分乔木本质多样性的多重比较

对于多样性指数的研究常存在一个问题就是多样性指数间的相容性,例如,比较两个群落的多样性时,可能出现甲群落的 Shannon 多样性指数大于乙群落,但是甲群落 Simpson 多样性指数小于乙群落

的情况。因此,Patil^[1]定义本质多样性曲线:

$$T_j = \sum_{i=j+1}^S P_i \in [0, 1], j = 1, 2, \dots, S \quad (6)$$

称为降序排列的多度 $P=(P_1 \geqslant P_2 \geqslant P_3 \cdots \geqslant P_s)$ 的右尾和曲线。又称为本质多样性曲线 (intrinsic

diversity profiles)。

如果群落 C' 的右尾和全大于等于群落 C 的右尾和,即

$$T'_k \equiv \sum_{i \geq k} P_i \geq T_k \equiv \sum_{i \geq k} P_i, k = 1, 2, \dots, S \quad (7)$$

就称群落 C' 随机地大于群落 C 或称群落 C' 的本质多样性大于群落 C 。记为 $C' \geq C$ 。

群落 A 的本质多样性曲线都高于群落 B 的本质多样性曲线,则称群落 A 的多样性本质上大于群落 B。如果群落 A 的本质多样性曲线与群落 B 的本质多样性曲线有交叉,则称群落 A 与群落 B 的多样

性本质上不可比较^[1]。本质多样性是一个偏序集。

推论 1:群落 C' 本质多样性大于群落 C 的必要条件是群落 C' 的物种数大于或等于群落 C 。

推论 2:递推性:若群落本质多样性满足 $C_1 \geq C_2, C_2 \geq C_3$, 则 $C_1 \geq C_3$ 。

推论 3:若群落本质多样性满足 $C_1 \geq C_2, C_1 \geq C_3$, 则和不可比。

推论 4:对于 Shannon 指数的右尾和曲线簇,它的包络线是 $(0, 1)$ 到 $(S, 0)$ 的直线。

表 6 各优势林分的右尾和曲线值

TABLE 6 Right trail and curve value of dominant stands

杨	枫	柞	椴	榆	水	混	白	胡	色	落	针	阔	黄
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
0.753	0.608	0.487	0.650	0.560	0.746	0.561	0.744	0.712	0.535	0.719	0.724	0.801	0.744
0.531	0.344	0.365	0.427	0.286	0.522	0.448	0.549	0.483	0.373	0.445	0.528	0.629	0.602
0.367	0.234	0.275	0.307	0.218	0.317	0.338	0.380	0.279	0.257	0.358	0.364	0.467	0.472
0.269	0.176	0.204	0.202	0.156	0.241	0.254	0.257	0.206	0.201	0.292	0.257	0.361	0.341
0.213	0.121	0.170	0.150	0.109	0.191	0.173	0.203	0.155	0.148	0.244	0.206	0.285	0.222
0.158	0.083	0.143	0.097	0.077	0.146	0.111	0.154	0.108	0.112	0.201	0.161	0.232	0.171
0.115	0.061	0.117	0.056	0.046	0.112	0.056	0.112	0.077	0.084	0.166	0.119	0.190	0.125
0.073	0.039	0.094	0.026	0.026	0.079	0.041	0.075	0.053	0.061	0.135	0.081	0.150	0.085
0.034	0.020	0.073	0.011	0.014	0.048	0.026	0.043	0.036	0.039	0.106	0.056	0.114	0.057
0.017	0.003	0.056	0.007	0.007	0.027	0.016	0.020	0.022	0.017	0.078	0.035	0.081	0.034
0.007	0	0.039	0.002	0.003	0.008	0.009	0	0.009	0.009	0.058	0.019	0.051	0.017
0.001		0.026	0	0	0	0.006		0.004	0	0.038	0.008	0.032	0.006
0		0.018				0.003		0		0.021	0.004	0.013	0
		0.010				0				0.005	0.002	0.004	
		0.004								0	0.001	0.001	
		0									0	0	

注:因热带雨林的右尾和曲线太长(见图 1),表中未列入。

表 7 各优势林分的本质多样性多重比较

TABLE 7 Multi-comparison of intrinsic diversity in different dominant stands

本质多样性比基准林分小的林分	基准林分	基准林分物种数	本质多样性比基准林分大的林分
枫	枫桦林	12	白水杨胡黄落针阔雨林
	白桦林	12	黄阔雨林
	椴树林	13	水杨黄落针阔雨林
	榆树林	13	水杨胡黄混落针阔雨林
枫椴榆	水曲柳林	13	阔雨林
枫椴榆	色木林	13	黄落针阔雨林
	杨树林	14	阔雨林
枫榆	胡桃楸林	14	黄针阔雨林
枫白椴榆色胡	黄波罗林	14	雨林
榆	混交林	15	针阔雨林
色枫椴榆	落叶松林	16	雨林
枫椴榆色胡混	针叶林	17	阔雨林
枫白椴榆水色杨胡混	阔叶林	17	雨林
针	柞树林	17	雨林

图 1 是 15 个优势林分的右尾和曲线图,其中满足式(7)的,具有可比性的优势林分的右尾和曲线图见图 2。

由表 6 和图 1 可知,本质多样性可比的林分为:

①对照的热带雨林右尾和曲线远大于 14 个优势林

分的右尾和曲线;②黄波罗林本质多样性>白桦林>枫桦林,见图 2;③其他阔叶林本质多样性>水曲柳林>椴树林>榆树林;④其他阔叶林本质多样性>针叶林和柞树林>针阔混交林和落叶松林。

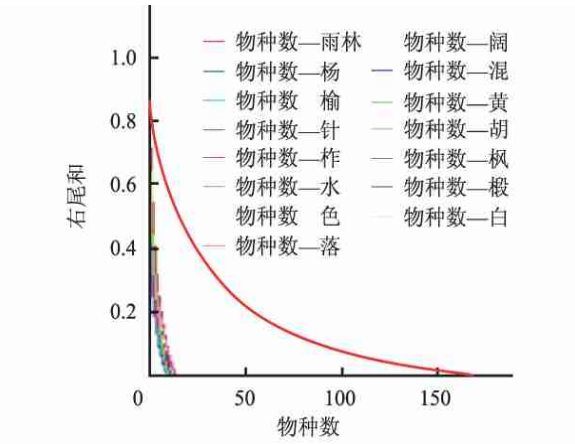


图 1 15 个优势林分与对照的热带雨林
(红色曲线)的右尾和曲线图
FIGURE 1 Right trail and curve of 15 dominant
stands and tropic rain forest

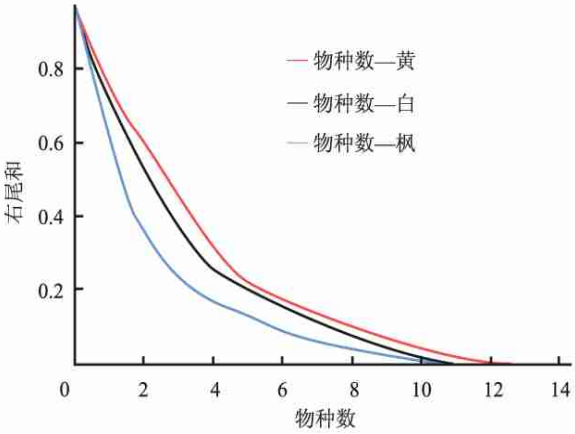


图 2 黄波罗林本质多样性>白桦林>枫桦林
的右尾和曲线图
FIGURE 2 Right trail and curve of intrinsic diversity from *Phellodendron*
amurense, *Betula platyphylla* and *Betula* spp.

3 结果与分析

1)根据物种丰富度的数学期望定理,它是总体 S 个物种数的偏小估计,由此决定森林的生物多样性指数是一偏序集,各多样性指数抽样估计均不能用样本的平均数来估计。

2)群落(或总体)的物种多度向量(物种数隐含在其中)是该群落多样性的完备表达形式。本文采用多度指标是物种出现的频数(率)、按照物种个体出现的频数(或频率),由大至小(降序排列)的称为群落的标准相对多度分布。通过 205 个样地的 12 个森林群落的累计频数分布资料检验得到森林乔灌

草层次的物种相对多度的概率模型为 β 分布。

3)生物多样性指数是物种数 S 和对应多度向量 P 的特征函数 $H(S, P)$, 它应满足边界条件:当 $S=1$ 时,多样性指数 $H(1, 1)=0$; 且 $H(S, P) \geq 0$; $H(S, P)$ 是关于 S 的“增函数”。通过实验数据,获得各优势林分和对照的海南热带雨林乔木的生物多样性指数集。

4) 为克服多样性指数簇间的不相容性,根据 Patil^[1]用右尾和曲线表达的群落本质多样性大于群落的定义,得到各优势林分的右尾和曲线值,其中对照的热带雨林右尾和曲线远大于 14 个优势林分的右尾和曲线,并得出如下结论:① 黄波罗林本质多样性>白桦林>枫桦林;② 其他阔叶林本质多样性>水曲柳林>椴树林>榆树林;③ 其他阔叶林本质多样性>针叶林和柞树林>针阔混交林和落叶松林。

5)根据 Shannon 指数定理,物种的 Shannon 指数的最大值渐近函数是 $\ln S$ 。

参 考 文 献

[1] PATIL G P. TAILLIE C. Deversity as a concept and its measurement[J]. *Journal of American Statistical Association*, 182, 77 (379), 548-561.

[2] 雷相东,唐守正,群落本质多样性排序及应用[J]. *林业科学研究*, 2002, 15(3):285-290.

LEI X D, TANG S Z. Community intrinsic diversity ordering and its application[J]. *Forest Research*, 2002, 15(3):285-290.

[3] 方精云,李意德,朱彪,等.海南岛尖峰岭山地雨林的群落结构、物种多样性及在世界雨林中的地位[J]. *生物多样性*, 2004, 12(1):29-43.

FANG J Y, LI Y D, ZHU B, et al. Community structures and species richness in the montane rain forest of Jianfengling, Hainan Island, China[J]. *Biodiversity Science*, 2004, 12(1):29-43.

[4] 马克平,刘灿然,于顺利,等.北京东灵山地区植物群落多样性的研究[J]. *生态学报*, 1997, 17(6):573-583.

MA K P, LIU C R, YU S L, et al. Plant community diversity in Dongling Mountain, Beijing, China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, 17(6):573-583.

[5] 刘灿然,马克平.生物群落多样性的测度方法 V [J]. *生态学报*, 1997, 17(6):601-610.

LIU C R, MA K P. Measurement of biotic community diversity V : Methods for estimating the number of species in a community [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, 17(6):601-610.

(责任编辑 赵 勃)