

文章编号: 1001-1498(2002)03-0285-06

群落本质多样性排序及应用

雷相东, 唐守正

(中国林业科学研究院资源信息研究所, 北京 100091)

摘要: 文章引入一种新的群落间多样性比较方法——群落本质多样性排序。群落本质多样性排序可以用曲线或右尾和曲线来表示。它克服了以往常用多样性指标比较结果的不一致性的缺点,是一种与指数无关的多样性比较方法;它说明了生物多样性是一偏序集,不是任何两个群落都可以进行多样性的比较,存在二者在本质上不可比的情况。只有本质多样性高的群落才具有真正高的多样性。文章用这种方法对间伐与对照落叶松样地的树木大小多样性进行了比较。对于群落多样性在时间和空间上的比较及森林经营规划,它是一种有用的方法。

关键词: 生物多样性; 群落本质多样性排序; 树木大小多样性

中图分类号: S718

文献标识码: A

生物多样性指标的研究一直是自然资源领域的一个热点^[1]。一些学者曾对此进行了详细的评述^[2-7]。从物种丰富度到异质性指数到均度,他们主要强调多样性的不同方面。Hurlbert^[2]指出几个常用的多样性指数在进行群落间比较时的不一致性。当选择采用哪个指数时,这些指数间相互矛盾的结果常常会导致人们得出错误的结论^[8]。为了解决这个问题,Patil 和 Taillie^[9]提出了群落本质多样性排序 (community intrinsic diversity ordering) 的定义,并用多样性曲线方法来量化群落间的本质(一致)多样性排序。本文引入这种方法,并以长白落叶松 (*Larix olgensis* Henry) 人工林为例,探讨了它的应用。

1 群落本质多样性排序

1.1 群落多样性的定义——平均物种稀有度 (Average species rarity)^[9]

若 S 为群落的物种丰富度,定义相对多度向量为 $\mathbf{r} = (r_1, r_2, \dots, r_s)$, r_i 为 i 物种的相对多度,显然有:

$$\sum_{i=1}^s r_i = 1 \tag{1}$$

相对多度向量可以用任一指标计算,如个体数量、盖度或单位面积的生物量,取决于对“物种”的定义,即 S 个类的组成。

Patil 和 Taillie^[9]认为物种多样性 (C) 是群落的一个平均特征,即平均物种稀有度。如果稀有度的数量指标能与群落中的每个物种都发生联系,那么群落多样性就可以由其期望值确

收稿日期: 2001-01-25

基金项目: “东北过伐林区可持续发展的基础研究”(39870612)和 948 引进项目“森林资源监测指标体系和监测技术的引进”(98-4-21)部分内容

作者简介: 雷相东(1972-),河南洛宁人,助理研究员,博士。

定。若群落 $C(i)$ 的 i 物种的稀有度为 $R(i; C)$ ，则群落多样性为：

$$D(C) = \sum_{i=1}^s R(i; C) \quad (2)$$

每个物种稀有度的确定将决定多样性指数。Patil 和 Taillie^[9]讨论了两种类型的稀有度指标，二分类型(dichotomous-type)和顺序类型(rank-type)。

对于二分类型， i 物种的稀有度仅仅决定于它的相对多度 p_i 。此时稀有度记为 $R(i; p)$ ，多样性定义为：

$$D(p) = \sum_{i=1}^s R(i; p) \quad (3)$$

对于顺序类型， i 物种的稀有度仅仅决定于它的序，对于有序相对多度向量 $p^* = (p_1^*, \dots, p_s^*)$ ，其中 $p_1^* \geq p_2^* \geq \dots \geq p_s^*$ ， p_i^* 为 i 物种的相对多度，如果第 i 个物种的稀有度记为 $R(i; p^*)$ ，则多样定义为：

$$D(p^*) = \sum_{i=1}^s R(i; p^*) \quad (4)$$

1.2 多样性指数

利用平均物种稀有度的概念，通过选择合适的稀有度函数，生态学上广泛应用的 3 个多样性指数都可用平均物种稀有度来表示。其中大括号内为物种稀有度函数。

物种丰富度 $S_R = \sum_{i=1}^s \frac{1}{i} \quad i = s$ (5)

物种数 $S_C = \sum_{i=1}^s \left\{ \frac{1}{i} - 1 \right\} \quad i = s - 1$ (6)

指数 Shannon $S_H = \sum_{i=1}^s \left\{ \log \frac{1}{p_i} \right\} \quad i = - \sum_{i=1}^s p_i \log p_i$ (7)

Simpson 指数 $S_I = \sum_{i=1}^s \left\{ \frac{1}{i^2} \right\} \quad i = 1 - \sum_{i=1}^s p_i^2$ (8)

1.3 多样性曲线

多样性曲线就是用图来比较群落间的多样性。一种为右尾和曲线，另一种为 \log 曲线。

1.3.1 右尾和曲线 群落本质多样性排序的概念为：

群落 C_1 比群落 C_2 本质上多样，是由于 C_2 通过以下过程产生 C_1 ，(1) 引入一个物种；(2) 在不改变物种相对多度排序的情况下，从相对多度高的物种转化为相对多度低的物种；(3) 物种的重新标记，即改变相对多度向量的组成。

与有序相对多向量(顺序类型)相对应， i 物种的稀有度函数定义为：

$$R(i) = \begin{cases} 1 & (i > j) \\ 0 & (i \leq j) \end{cases} \quad (9)$$

对于 $s \geq j \geq 1$ ，平均物种稀有度(群落多样性)为：

$$T_j = \sum_{i=j+1}^s i^*, \quad j = 1, 2, \dots, s - 1 \tag{10}$$

显然, $T_s = 0, T_0 = 1$ 。上式称为有序相对多度向量 i^* 的右尾和。对于每个群落, (j, T_j) 构成一条曲线,称为群落的本质多样性曲线(intrinsic diversity profiles)。

对于群落 $C_1、C_2$,若群落 C_1 的本质多样性曲线始终高于 C_2 ,则群落 C_1 本质上比 C_2 多样性高;若群落 C_1 的本质多样性曲线始终低于 C_2 ,则群落 C_2 本质上比 C_1 多样性高;若两曲线相交,则从本质上说,这两个群落不能比较。

这种排序是有偏的,即并不是任何两个群落在本质上都可以进行比较。但任何群落本质多样性排序,如果存在,就可以由本质多样性曲线来确定。

与此相似,Swindel 等^[10]用有序相对多度向量的左尾和来定义群落的本质多样性,并提出了一种“可比多样性曲线”作图方法来比较两个群落的多样性。

1.3.2 曲线与无序相对多度向量(二分类型)相对应, i 物种的稀有度函数定义为:

$$R(i,) = \frac{1 - i}{-\log(i)} = 0 \tag{11}$$

同样,由多样性的定义——平均物种稀有度有:

$$= \sum_{i=1}^s \frac{1 - i}{i} = \frac{1 - i^{s+1}}{i^{s+1}} - 1 \tag{12}$$

当 $= -1, 0, 1$ 时,有 $-1 = SC, 0 = SH, 1 = SI$ 。

这样,对于每个群落, $(,)$ 构成一条曲线,称为群落的 曲线。每个 值对应一个多样性指数,每条 曲线就是一个多样性指数族。约束条件 $- 1$ 能保证 曲线与右尾和曲线等效。通常情况下,两条 曲线在 > 1 时相交或多处相交都是可能的。此时,即使计算出 3 个多样性指数(SC, SH, SI) 也不足以证明群落在较大 值的不一致排序。但是当 > 1 时, 用处不大,因为超过这点时, 曲线收敛很快,相交不能分辨,这种情况下,需要数值算法找出两条 曲线的相交集。因此,一般取 $1 - 1$ 。对于群落 C_1, C_2 ,若群落 C_1 的 曲线始终高于 C_2 ,则群落 C_1 本质上比 C_2 多样性高,若二者相交,则它们在本质上不能比较。

由于当 $= -1, 0, 1$ 时, 分别为物种数量、Shannon 指数和 Simpson 指数,在实际中,可以用这 3 个值大致反映群落的本质多样性。

1.4 两种方法的区别与联系

右尾和曲线和 曲线都是通过选择合适的物种稀有度函数把群落多样性定义为平均物种稀有度, 曲线采用无序相对多度向量,右尾和曲线采用有序相对多度向量。通常情况下, 曲线多在 $1 - 1$ 内产生。但是,由于 $+ - 1$, 曲线有可能在 $1 - 1$ 以外的其它地方相交。也就是说,仅用一个或几个多样性指数并不能保证群落的本质多样性排序。 曲线和右尾和的联系在于如果两个群落间存在本质上的排序,那么 曲线就不会相交,这时,右尾和曲线与 曲线等效。即若 $T_j(C_1) > T_j(C_2)$,则 $(C_1) > (C_2)$;但反过来,若 $(C_1) > (C_2)$,则 $T_j(C_1) > T_j(C_2)$ 并不一定成立,也就是说, 曲线不相交,并

不能保证右尾和曲线也不相交。因此,右尾和曲线是目前群落间本质多样性排序最可靠的方法。

虽然 曲线和右尾和曲线对于确定群落本质多样性排序都是有用的方法,但是他们都假定种群完全已知为前提。但这种情况是不可能的,因此,抽样是唯一的替代方法,这时,可用“刀切法”修正偏差和进行相交假设检验^[11]。

本质多样性的概念说明,如果两个群落存在本质多样性排序,则不同的多样性指数的结果应一致;但并不是任何两个群落都可以进行生物多样性的比较,存在本质上不可比的情况。因而从生物多样性的角度,不是所有的群落间都可以比较其好坏。这是一个观念上的革新,只有本质多样性高的群落才有真正高的多样性。因此,与传统的多样性指数相比,它是一种有用的、与指数无关的生物多样性比较方法。

2 应用

现以长白落叶松(*Larix olgensis* Henry)人工林为例,说明群落本质多样性曲线的应用。

样地位于吉林省汪清林业局金沟岭林场,样地1、样地2位置相接,面积均为0.25 hm²,优势树种为长白落叶松,造林时间为1964年。其中样地1为对照样地,样地2为间伐样地,在1986年

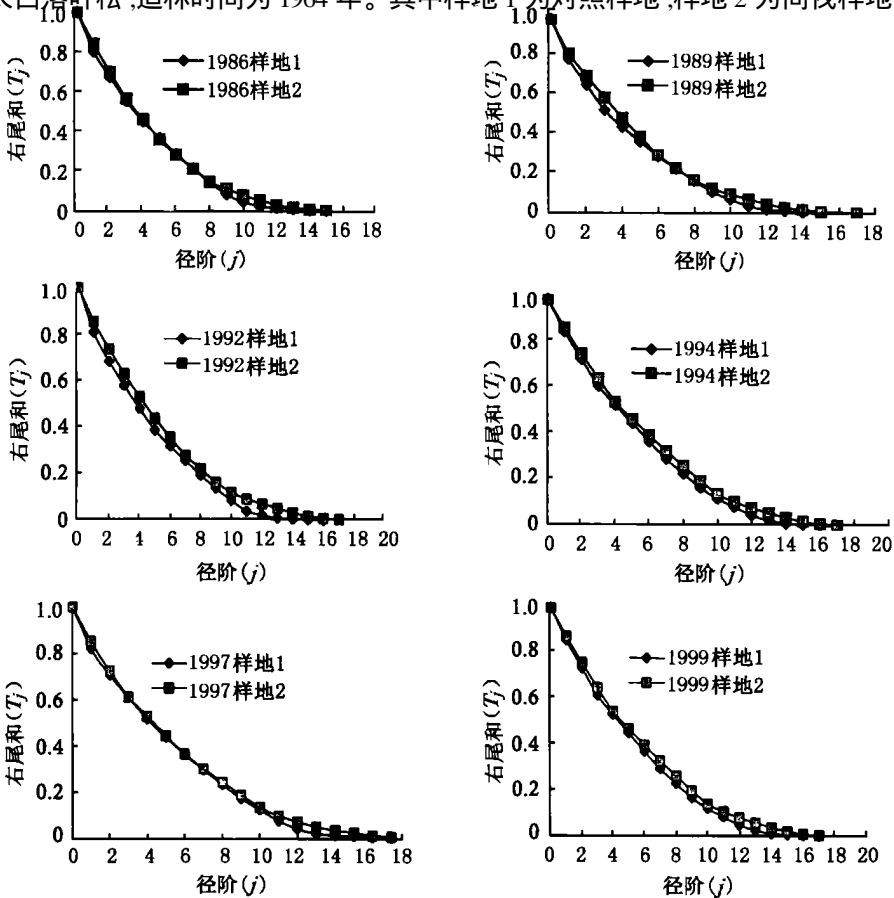


图1 对照样地1与间伐样地2的右尾和曲线

进行过间伐,强度为 20%。调查时间为 1986(间伐后)、1989、1992、1994、1997 和 1999 年。

在这里,“物种”为径阶。考虑各径阶株数占总株数的比,得径阶有序相对多度向量,计算各年度样地各径阶的右尾和,并绘右尾和曲线,如图 1 所示。

表 1 不同时间间伐和对照样地的多样性指数

指数	样地	年 份					
		1986	1989	1992	1994	1997	1999
SC	样地 1	14	13	15	16	16	16
	样地 2	14	16	17	17	17	17
SH	样地 1	2.344	2.358	2.432	2.488	2.510	2.543
	样地 2	2.408	2.459	2.579	2.580	2.587	2.627
SI	样地 1	0.889	0.888	0.898	0.905	0.906	0.911
	样地 2	0.896	0.899	0.912	0.911	0.912	0.999

从图中可以看出,落叶松间伐样地与对照样地的树木大小多样性随时间的变化而变化。1986 年两样地的右尾和曲线出现相交,即 $T_j(1, 1986) < T_j(2, 1986)$ 。因此他们的树木大小多样性从本质上不能比较;但从表 1 看,间伐样地的 3 个

指数均大于对照样地。这说明,几个指数并不能保证群落的本质多样性排序。但以后各年,间伐样地的右尾和曲线始终高于对照样地,即 $T_j(1, i) > T_j(2, i) \quad i = 1989, 1992, 1994, 1997, 1999$ 。且从表 1 看,间伐样地各年度的 3 个指数均大于对照样地,不同指数的排序结果一致。因此间伐样地的树木大小多样性在本质上均比对照样地高。这是因为间伐改变了林分的径阶分布。另外,以样地 1 为例,若用传统的多样性指数,即 $SH(1989) > SH(1986)$, $SI(1989) < SI(1986)$, 二者结果出现矛盾。而根据本质多样性的定义,二者的右尾和曲线出现交叉,即他们从本质上不能比较。

3 结论

群落本质多样性排序的概念说明了生物多样性是一偏序集,并不是任意两个群落都能进行多样性的比较,存在二者在本质上不可比的情况。群落本质多样性可以通过右尾和曲线和曲线来比较。只有本质多样性高的群落才具有真正高的多样性。群落本质多样性排序正被用于群落多样性在时间和空间上的比较和森林经营规划中,如伐后不同时间群落多样性间的比较和采伐样地与对照样地间的多样性比较^[11,12]和林分结构多样性的经营规划^[13,14]等。

参考文献:

[1] Noss R F. Assessing and monitoring forest biodiversity: a suggested framework and indicators [J]. For Ecol Manage, 1999, 115:135-146

[2] 张金屯. 植被数量生态学方法[M]. 北京:中国科学技术出版社,1995. 44-78

[3] 钱迎倩,马克平. 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

[4] 刘灿然,马克平,吕延华,等. 生物群落多样性的测度方法 VI:与多样性测度有关的统计问题[J]. 生物多样性,1998,6(3):229-239

[5] Hurlbert S H. The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters[J]. Ecology, 1971, 52:577-586

[6] Magurran A E. Ecological Diversity and Its Measurement[M]. Cambridge:Princeton University Press, 1988

[7] Pitkanen S. The use of diversity indices to assess diversity of vegetation in managed boreal forests[J]. For Ecol Manage, 1998, 112:

121 137

- [8] Silbaugh J M, Better D R. Biodiversity values and measures applied to forest management[J]. *Journal of Sustainable Forestry*, 1997, 5 (1/2) :235 248
- [9] Patil G P, Taillie C. Diversity as a concept and its measurement[J]. *Journal of American Statistical Association*, 1982,77(379) :548 561
- [10] Swindel B F, Conde L F, Smith J E. Index-free diversity orderings: concept, measurement, and observed response to clearcutting and site-preparation[J]. *For Ecol Manage*, 1987,20:195 208
- [11] Gove J H, Martin C W, Patil G P, et al. Plant species diversity on even-aged harvests at the Hubbard Brook experimental forest: 10-year results[J]. *Can J For Res*, 1992, 22(11) :1800 1806
- [12] Solomon D S, Jeffrey H G. Monitoring diversity over time using a forest growth model based on ecological land classifications[J]. *For Ecol Manage*, 1999,114:265 275
- [13] Gove J H, Patil G P, Taillie C. A mathematical programming model for maintain structural diversity in uneven-aged forest stands with implications to other formulations [J]. *Ecological Modelling*, 1995,79:11 19
- [14] Gove J H, Optimizing the management of uneven-aged spruce-fir stands while preserving structural diversity[A]. In: Bachmann P, Kuusela K, Uuttera J. *Assessment of Biodiversity for Improved Forest Planning*[M]. European Forest Institute Proceedings No. 18, 1998. 31 41

Community Intrinsic Diversity Ordering and Its Application

LEI Xiang-dong, TANG Shou-zheng

(Research Institute of Forest Resource Information Techniques, CAF, Beijing 100091, China)

Abstract : The paper introduced a new method for comparing the biodiversity among communities: community intrinsic diversity ordering. Communities can be compared using right tail-sum or profiles that can avoid shortcomings of inconsistent ordering among different diversity indices. As an index-free method, it shows that the biodiversity is partial, and communities are not always intrinsically comparable in the biodiversity. One community with intrinsically high diversity has real high diversity. Tree size diversity of thinning and control plots was studied by the method. Community intrinsic diversity ordering is a useful method for comparing community diversity in space and time, and forest management planning.

Key words : biodiversity; community intrinsic diversity ordering; tree size diversity