维普资讯 http://www.cqvip.com

584-592

3654(3)

第17卷第6期 生 态 学 报 Vol. 17, No. 6
1997年11月 ACTA ECOLOGICA SINICA Nov., 1997

北京东灵山地区植物群落多样性的研究

Ⅳ. 样本大小对多样性测度的影响*

刘灿然 马克平# 于顺利 王 巍
(中国科学院植物研究所,北京,100093)

Q948.15

A

摘要 利用盖度和重要值两个多度指标对北京东灵山地区小龙门林场的5个植物群落进行了研究,以考察样本大小(即样方数量)对多样性测度的影响,并设计了3种方法来确定临界样方数量(即多样性测度趋于稳定时的样方数量)。结果表明,用盖度和重要值作为多度指标进行植物群落多样性的研究是合适的,并且得出的结果也是一致的;当取比例因子 $k_1=0.2$ 时,计算临界样方数量的第二种方法与直观判断比较吻合;丰富度指数不太稳定,临界样方数量在20以上(样方面积为5m×5m);多样性指数 D_1 最稳定,只需少数几个样方就达到稳定状态,多样性指数 OD 最不稳定;均匀度指数 Jgi 也比较稳定,也只需几个样方就达到稳定状态;3个丰富度指数间有确定性关系,$R_2>R_1>R_3$;在各指数达到稳定状态以后,甚至在少数几个样方之后就有 $OD>HP>D>D_1>DM$,$Jgi>Jsw<>Ea>Es>Eh$,其中"<>"表示不确定,对乔木层有 $Ea>Jsw$,对草本层有 $Jsw>Ea$,除第3个样地外,对其它4个样地的灌木层也有 $Jsw>Ea$;在大多数情况下,各指数都有或近似地有:草木层>灌木层>乔木层。

关键词 植物群落,多样性测度,样本大小,多度,盖度,重要值,稳定性,临界样方数量。

多样性

PLANT COMMUNITY DIVERSITY IN DONGLING MOUNTAIN, BEIJING, CHINA: Ⅳ. EFFECTS OF SAMPLE SIZE ON DIVERSITY MEASURES

Liu Canran Ma Keping Yu Shunli Wang Wei
(*Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing*, 100093)

Abstract 5 plant communities in Xiaolongmen Forest Farm, Dongling Mountain, Beijing, China, were studied with 2 abundance measures (i. e. coverage and importance value) to examine the effects of sample size on diversity measures, and with 3 methods designed to determine critical number of quadrats (*CNQ*) (i. e, the number of quadrats when the diversity measures become relatively stable). The results show that (1) it is suitable to study plant community diversities with coverage and importance value as 2 abundance measures, and their results were consistent with each other. (2)The second method of calculating the *CNQ* was concordant with intuitive judgement when $k_1=0.2$. (3)The richness indices were

* 国家自然科学基金资助项目(39570125)和国家基础重大项目(85-PD-31-03)的部分内容。

通讯作者

收稿日期:1997-05-15,修改稿收到日期:1997-08-15。

less stable, and the $CNQ>20$ (in which the quadrat area is $5\times 5m^2$); the diversity index D_1 was the stablest, and it becomes stable after several quadrats. So is the eveness index Jgi. (4)A deterministic relation existed among the three richness indices, i. e. $R_2>R_1>R_3$. After all measures became stable, even after several quadrats, there existed relations $OD>HP>D>D_1>DM$ and $Jgi>Jsw<>Ea>Es>Eh$, in which "$Jsw<>Ea$" was conditionally determined. It should take the form "$Ea>Jsw$" for trees, "$Jsw>Ea$" for herbs and shrubs in 4 plots, and take the form "$Ea>Jsw$" only for shrubs in plot 3. (5)In most cases and for most measures, there existed or approximately existed a relation: Vherbs>Vshrubs>Vtrees, in which the V's stand for the values of diversity measures in corresponding layers.

Key words: plant community, diversity measure, sample size, abundance, coverage, importance value, stability, critical number of quadrats.

对群落的多样性测度进行统计推断主要依赖于对这些测度的样本估计，而这些估计随抽样过程的不同会发生变化[1]。因此，为了保证假设检验及其它统计推断充分的统计效力和对资源的有效利用，在收集数据以前，就必须进行充分的抽样设计和样本大小的确定[2]。然而，对多样性抽样来说，这种要求很难满足，因为样本大小与多样性测度之间的关系相当复杂，到目前为止还不很清楚。虽说 Pielou 的合并样方方法对确定样本大小可以提供一种指导[3]，但也没能很好地解决这个问题。尽管 Kempton 等[4]、Kempton[5]和 Peet[6]等用动物群落的数据或模拟数据就样本大小对少数几个多样性指数的影响作过一些探讨，但以植物群落为对象对这个问题进行研究还很少见到。本文拟以东灵山地区几种植物群落为例，探讨样本大小对多样性测度的影响，为以后类似群落的多样性抽样提供借鉴。

1　研究方法

在北京东灵山小龙门林场选择5块样地，其中辽东栎成熟林(群落1)和幼林(群落2)各一块，面积分别为30m×50m 和100m×20m，华北落叶松人工林(群落3)和油松人工林(群落4)各一块，面积分别为50m×50m 和70m×15m，落叶阔叶混交林(群落5)一块，面积为40m×50m。调查时将其划分为5m×5m 的网格，在每个5m×5m 的小样方内分乔、灌、草计数种并测量各种指标，详见文献[7,8]。

1.1　多度指标的选择

本文采用盖度和重要值作为两个多度指标。盖度在调查中是按百分盖度记录的，重要值的计算方法见文献[7,8]。

1.2　样方处理

对每一个样地，先将其所有的样方随机排列，设其此时的样方序号分别为用1,2,…,n,其中 n 为该样地中的样方总数。再将这 n 个样方逐个合并，即合并后的第一个样方只包含原来的第一个样方，合并后的第二个样方只包含原来的第一和第二两个样方，依次类推。

1.3　多样性测度的选择

选择了13个多样性指数(其中包括3个丰富度指数、5个多样性指数和5个均匀度指数)，分乔、灌、草及两种多度指标进行计算。

丰富度指数采用文献[6]中的3个指数：

$$R_1=(S-1)/\mathrm{Ln}N;R_2=S/\mathrm{Ln}N;R_3=S/N^{1/2}$$

多样性指数采用文献[9]中的5个指数：

$$D=1-\sum[N_i(N_i-1)/N(N-1)]\qquad D_1=1-\sum P_i^2\qquad OD=(\sum P_i^2)^{-1}-1$$

$$HP=-\sum P_i\mathrm{Ln}P_i\qquad DM=[N-(\sum N_i^2)^{1/2}]/(N-N^{1/2})$$

维普资讯 http://www.cqvip.com

均匀度指数也采用文献[9]中的5个指数：

$$Jsw = (-\sum P_i \mathrm{Ln}P_i)/\mathrm{Ln}S \qquad Jgi = (1-\sum P_i^2)/(1-1/S) \qquad Es = \exp(-\sum P\backslash - i\mathrm{Ln}P_i)/S$$

$$Eh = [\exp(-\sum P_i \mathrm{Ln}P_i) - 1]/(S-1) \qquad Ea = [(\sum P_i^2)^{-1} - 1]/[\exp(-\sum P_i \mathrm{Ln}P_i) - 1]$$

其中，S 为群落中的物种数目，N 为样方中的总多度，N_i 为第 i 个种的多度，$P_i = N_i/N$，$i = 1, 2, \cdots, S$。上述公式中的取和($\sum$)都是对 i 从1到 S 进行的。

1.4 临界样方数量的确定

本文中定义临界样方数量为多样性测度开始趋于平稳时的样方数量，下文中还会用到多样性测度的稳定性概念，这是指多样性测度值随样本大小变化而变化的程度，变化程度越小，多样性测度就越稳定。还设计了3种方法来确定临界样方数量。

方法1：对每一个多样性测度，计算其相邻的两个合并后的样方的差值的绝对值，并将其平均，即

$$AD = \frac{1}{n-1}\sum_{i=2}^{n}|V_i - V_{i-1}|$$

其中，V_i 为第 i 个合并后的样方的多样性测度值，n 为合并后的样方数。再确定一个正整数 m，使得

$$|V_i - V_{i-1}| < AD \qquad i = m+1, m+2, \cdots, n$$

具体方法是：从最后两个样方开始判断，如果不满足上述条件，就记 $m=n$，即临界样方数为样地包含的所有的样方数；如果上述条件满足，就再往前推一个样方，判断第 $n-2$ 和 $n-1$ 两个样方是否满足上述条件，若不满足就记 $m=n-1$；若满足就再往前推一个样方，继续判断，依次进行下去，如果直到第1、2两个样方还满足上述条件，就记 $m=1$，这意味着只需1个样方就达到了这种意义下的稳定了。

方法2：首先计算所有合并后的样方的多样性测度的平均值：

$$AV = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}V_i$$

再取一个比例因子 k_1，比如 $k_1=0.1$，求出 $CAV=k_1\times AV$，再确定一个正整数 m，使得

$$AV_m - CAV \le V_i \le AV_m + CAV,$$

其中，V_i 意义同前，

$$AV_m = \frac{1}{n-m+1}\sum_{i=m}^{n}V_i$$

其作法与方法1类似，还是从后往前逐一检查。

方法3：首先计算合并后的样方的多样性测度的标准差

$$SV = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(V_i - AV)^2}$$

其中，n、AV 和 V_i 的意义同前。

再取一个比例因子 k_2，比如 $k_2=1$，求出 $CSV=k_2\times SV$，然后，再确定一个正整数 m，使得

$$AV_m - CSV \le V_i \le AV_m + CSV$$

其中，V_i 和 AV_m 意义同前，作法与方法1类似。

2 结果与分析

本文对5个样地的乔、灌、草3层分别计算了上述13个多样性测度指标，并用设计的3种方法，分别取 $k_1=0.1$ 和 0.2 以及 $k_2=1$ 和 2，对各样地、各层指数的临界样方数量进行了计算。部分结果列入表1～表3和图1～图8中，从中可以看出两种多度指标反映出的关系非常一致，不同方法反映出的关系也相当一致。因此，下面只讨论盖度作为多度指标以及第2种方法计算的结果。

2.1 多样性测度与样方数量之间的关系

2.1.1 丰富度指数 3个丰富度指数随样方数量的增加有基本一致的变化趋势，在样方数量不太多时可能会有频繁的锯齿状波动，随后缓慢下降(见图1、图4)或趋于平稳(见图8)，也许在以后某个样方加入时还

维普资讯 http://www.cqvip.com

表1 分别用盖度和重要值作为多度指标以及用3种计算临界样方数量的方法计算的样地1中乔、灌、草各层的各多样性测度趋于稳定以后的平均值

Table 1 Comparison of the mean of each of the diversity measures after they become relatively stable among the 3 layers in plot 1 with coverage and importan cevalue as abundance and by 3 methods

层 Layer	多样性测度 Diversity measurement												
	R_1	R_2	R_3	D	D_1	OD	HP	DM	Jsw	Jgi	Es	Eh	Ea
盖度 Coverage													
方法1 Method 1													
TR	3.6105	3.8684	2.1579	0.6702	0.6613	1.9539	1.3965	0.4957	0.5181	0.7092	0.2685	0.2205	0.6581
SB	2.6978	2.9431	1.5624	0.8097	0.7750	3.4483	1.8037	0.6508	0.7384	0.8517	0.5220	0.4786	0.6802
HB	11.1836	11.4321	7.1442	0.9673	0.9330	13.9426	3.0851	0.9088	0.8052	0.9555	0.4743	0.4626	0.6674
方法2 Method 2						$k_1=0.1$							
TR	3.5589	3.8236	2.0349	0.6692	0.6579	1.9936	1.3921	0.4923	0.5194	0.7063	0.2718	0.2170	0.6463
SB	2.6175	2.8839	1.5604	0.8097	0.7846	3.5800	1.8288	0.6223	0.7637	0.8631	0.5492	0.5046	0.6817
HB	11.2902	11.5582	6.3116	0.9687	0.9314	14.0367	3.0641	0.8855	0.8320	0.9577	0.4916	0.4781	0.6676
						$k_1=0.2$							
TR	3.6235	3.8453	2.1332	0.6708	0.6396	1.9346	1.3391	0.4991	0.5354	0.7085	0.2752	0.2205	0.6605
SB	2.7123	2.9935	1.6361	0.8195	0.7830	3.4892	1.8201	0.6487	0.7681	0.8707	0.5636	0.5203	0.6936
HB	11.6752	11.9751	6.5520	0.9752	0.9314	13.8722	3.0641	0.9088	0.8397	0.9577	0.5137	0.5020	0.6669
方法3 Mehod 3						$k_2=1$							
TR	3.5623	3.8304	2.1532	0.6708	0.6590	1.9416	1.3921	0.5007	0.5354	0.7088	0.3128	0.2533	0.6452
SB	2.8160	3.1327	1.8136	0.8195	0.7764	3.4760	1.8107	0.6632	0.7637	0.8540	0.5682	0.5250	0.6918
HB	11.7770	12.0214	7.3294	0.9752	0.9329	13.9131	3.0818	0.9164	0.8245	0.9556	0.5245	0.5128	0.6655
						$k_2=2$							
BBTR	3.2462	3.5074	2.1474	0.6735	0.6454	1.8309	1.3308	0.5084	0.5455	0.7073	0.3227	0.2712	0.6605
SB	3.0501	3.3745	2.1373	0.8227	0.7835	3.6330	1.8240	0.6770	0.7681	0.8631	0.5768	0.5338	0.6936
HB	11.9561	12.2734	7.5138	0.9833	0.9321	13.7541	3.0676	0.9346	0.8364	0.9560	0.5501	0.5385	0.6669
重要值 Importance value													
方法1 Method 1													
TR	3.6105	3.8684	2.1579	0.7026	0.6818	2.1432	1.3927	0.5268	0.5173	0.7347	0.2680	0.2199	0.7288
SB	2.6978	2.9431	1.5624	0.7145	0.6807	2.1423	1.5984	0.5385	0.6643	0.7476	0.4279	0.3759	0.5426
HB	11.1836	11.4321	7.1442	0.9851	0.9474	17.9625	3.1839	0.9481	0.8278	0.9672	0.5173	0.5066	0.7731
方法2 Method 2						$k_1=0.1$							
TR	3.5589	3.8236	2.0349	0.7019	0.6774	2.1689	1.3910	0.5242	0.5187	0.7422	0.2726	0.2157	0.7283
SB	2.6175	2.8839	1.5604	0.7005	0.6837	2.1569	1.6013	0.5136	0.6670	0.7515	0.4450	0.3869	0.5442
HB	11.2902	11.5582	6.3116	0.9835	0.9455	17.9972	3.1686	0.9186	0.8560	0.9721	0.5371	0.5265	0.7880
$k_1=0.2$													
TR	3.6235	3.8453	2.1332	0.7046	0.6683	2.1474	1.3591	0.5326	0.5399	0.7434	0.2747	0.2199	0.7323

维普资讯 http://www.cqvip.com

续表1

层 Layer	多样性测度 Diversity measurement												
	R_1	R_2	R_3	D	D_1	OD	HP	DM	Jsw	Jgi	Es	Eh	Ea
SB	2.7123	2.9935	1.6361	0.7221	0.6984	2.1423	1.6322	0.5419	0.6826	0.7683	0.4648	0.3946	0.5537
HB	11.6752	11.9751	6.5520	0.9918	0.9455	17.9217	3.1633	0.9414	0.8675	0.9721	0.5652	0.5548	0.7880
方法3 Method 3						$k_2=1$							
TR	3.5623	3.8304	2.1532	0.7030	0.6820	2.1533	1.3847	0.5342	0.5415	0.7399	0.3131	0.2589	0.7217
SB	2.8160	3.1327	1.8136	0.7267	0.6815	2.1423	1.5984	0.5545	0.6811	0.7515	0.4667	0.4132	0.5537
HB	11.7770	12.0214	7.3294	0.9891	0.9471	17.9569	3.1711	0.9567	0.8485	0.9700	0.5709	0.5566	0.7771
						$k_2=2$							
TR	3.2462	3.5074	2.1474	0.7046	0.6774	2.1054	1.3591	0.5402	0.5618	0.7422	0.3323	0.2907	0.7323
SB	3.0501	3.3745	2.1373	0.7300	0.6837	2.2971	1.6047	0.5678	0.6886	0.7683	0.4795	0.4261	0.5584
HB	11.9561	12.2734	7.5138	0.9998	0.9468	17.9217	3.1686	0.9754	0.8607	0.9724	0.6107	0.6008	0.7808

注：TR：乔木层；SB：灌木层；HB：草本层。 Note: TR: Tree layer; SB: Shrub layer; HB: Herb layer.

表2 用盖度和计算临界样方数量的第二种方法($k_1=0.2$)计算的样地2、3、4和5中乔、灌、草各层的各多样性测度趋于稳定后的平均值

Table 2 Mean of each of the diversity measures after they become relatively stable for each of the 3 layers in plot 2、3、4 and 5 with coverage as abundance and by metbod 2 with $k_1=0.2$

层 Layer	多样性测度 Diversity measurement												
	R_1	R_2	R_3	D	D_1	OD	HP	DM	Jsw	Jsi	Es	Eh	Ea
样地2	Plot 2												
TR	3.5304	3.7700	2.0203	0.7672	0.7400	2.8281	1.6400	0.5868	0.6359	0.8066	0.3451	0.2988	0.6768
SB	2.7440	3.0214	1.5843	0.7568	0.7288	2.7206	1.6242	0.5752	0.6812	0.8091	0.4353	0.3837	0.6619
HB	10.3893	10.6593	5.3921	0.9471	0.9102	10.4606	2.8337	0.8394	0.7869	0.9387	0.4376	0.4232	0.6448
样地3	Plot 3												
TR	3.6281	3.8915	1.9556	0.8305	0.8060	4.0940	1.8959	0.6508	0.7000	0.8689	0.4142	0.3758	0.7341
SB	4.4855	4.6909	2.2468	0.8979	0.8652	6.7314	2.2151	0.7534	0.7762	0.9208	0.5018	0.4741	0.8057
HB	11.3098	11.5752	5.5730	0.9761	0.9443	17.3373	3.1582	0.8973	0.8470	0.9684	0.5089	0.4983	0.7625
样地4	Plot 4												
TR	2.8312	3.0984	1.8702	0.7932	0.7453	3.0564	1.5561	0.6299	0.7094	0.8580	0.4673	0.4131	0.7993
SB	3.4923	3.8055	2.2285	0.8584	0.7985	4.6698	1.9483	0.7196	0.7811	0.8874	0.5719	0.5416	0.7197
HB	20.7211	21.0683	13.0181	1.0076	0.9451	17.9182	3.4026	0.9763	0.8378	0.9628	0.4702	0.4599	0.5940
样地5	Plot 5												
TR	2.6606	2.9234	1.5448	0.8108	0.7839	3.7814	1.7764	0.6510	0.7492	0.8706	0.5000	0.4423	0.7563
SB	3.8951	4.0899	2.1689	0.8896	0.8564	6.0649	2.1670	0.7416	0.8114	0.9259	0.5251	0.4956	0.7774
HB	12.0889	12.3708	6.4931	0.9665	0.9297	13.5825	3.1214	0.8800	0.8336	0.9533	0.4936	0.4800	0.6197

注：所用符号意义同表1。 Note: The meaning of the symbols is same with those in table 1.

维普资讯 http://www.cqvip.com

表3　对5个样地的乔、灌、草3层用盖度和计算临界样方数量的第二种方法（$k_1=0.2$）计算的各多样性测度的临界样方数量

Table 3　The critical number of quadrats (CNQ) of each of the diversity measures for each of the 3 layers in the 5 plots with coverage as abundance and by method 2 with $k_1=0.2$

层 Layer	多样性测度 Diversity measurement												
	R_1	R_2	R_3	D	D_1	OD	HP	DM	Jsw	Js_1	Es	Eh	Ea
样地1	Plot 1												
TR	32	28	40	5	3	26	12	7	11	4	31	32	5
SB	26	25	34	6	1	28	2	14	6	1	12	12	6
HB	9	9	30	6	1	14	2	10	2	1	20	20	4
样地2	Plot 2												
TR	29	27	39	6	1	5	1	11	10	2	36	36	5
SB	11	11	38	5	2	22	8	12	11	4	36	36	8
HB	15	15	45	6	1	8	4	14	3	1	17	17	6
样地3	Plot 3												
TR	12	12	46	7	1	13	1	16	14	1	37	37	2
SB	9	25	61	5	1	11	4	13	2	1	24	24	1
HB	11	11	52	6	1	8	2	16	1	1	36	36	3
样地4	Plot 4												
TR	26	25	28	6	2	20	4	10	12	1	25	25	2
SB	22	21	27	4	2	19	8	9	5	2	10	15	5
HB	5	5	17	5	1	9	2	10	1	1	14	15	4
样地5	Plot 5												
TR	21	21	40	4	7	18	10	6	16	5	49	57	7
SB	47	43	28	7	2	9	4	14	14	1	47	47	12
HB	9	9	39	6	1	15	3	13	1	1	25	27	2

注：所用符号意义同表1。　Note: The meaning of the symbols is same with those in table 1.

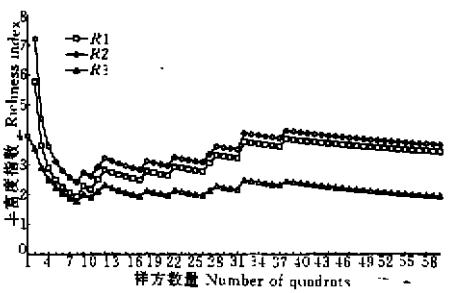

图1　用盖度计算的样地1中乔木层的丰富度指数与样方数量之间的关系

Fig. 1　Relationship between richness index and number of quadrats for tree layer in plot 1 with coverage as abundance

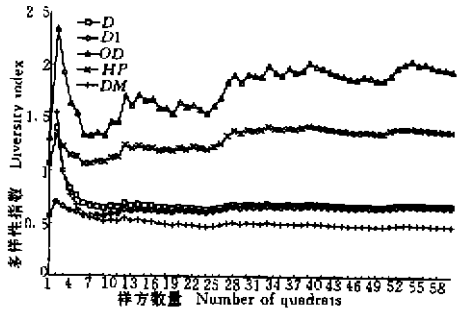

图2　用盖度计算的样地1中乔木层的多样性指数与样方数量之间的关系

Fig. 2　Relationship between diversity index and number of quadrats for tree layer in plot 1 with coverage as abundance

会有波动（见图7）。但总地来说样方数量越大，波动频度及幅度都越小。并且总有 $R_2>R_1>R_3$（实际上这个关系是确定性的）。

从临界样方数量的计算结果看，要达到稳定状态 R_3 所需的样方数量要大于 R_1 和 R_2，这也说明 R_3 较 R_1 和 R_2 更不稳定。根据第2种方法 $k_1=0.2$ 的计算（见表3），用 R_1 和 R_2 来衡量的话，第1、2、3、4四个样地乔木层的临界样方数量最大，而第5个样地则是灌木层的临界样方数量最大；第1、3、4、5四个样地草本层的临界样方数量最小，而第2个样地则是灌木层的临界样方数量最小。对乔木层第1个样地的临界样方数量最大（30

维普资讯 http://www.cqvip.com

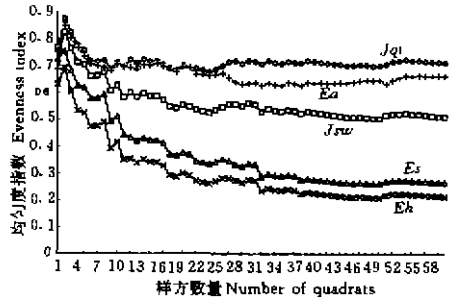

图3 用盖度计算的样地1中乔木层的均匀度指数与样地数量之间的关系

Fig. 3 Relationship between evenness index and number of quadrats for tree layer in plot 1 with coverage as abundance

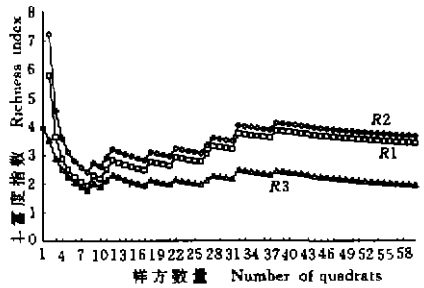

图4 用重要值计算的样地1中乔木层的丰富度指数与样方数量之间的关系

Fig. 4 Relationship between richness index and number of quadrats for tree layer in plot 1 with importance value as abundance

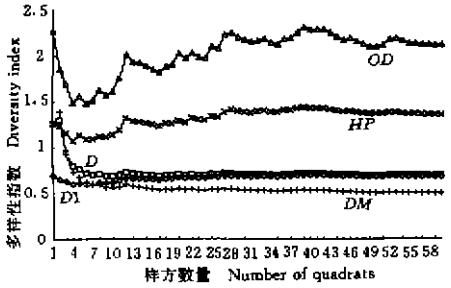

图5 用重要值计算的样地1中乔木层的多样性指数与样方数量之间的关系

Fig. 5 Relationship between diversity index and number of quadrats for tree layer in plot 1 with importance value as abundance

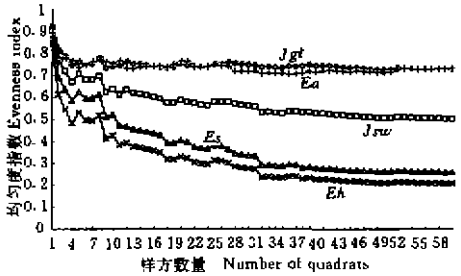

图6 用重要值计算的样地1中乔木层的均匀度指数与样方数量之间的关系

Fig. 6 Relationship between evenness index and number of quadrats for tree layer in plot 1 with importance value as abundance

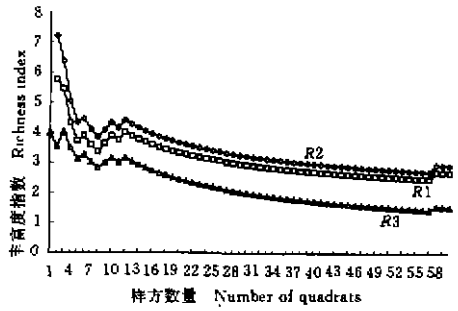

图7 用盖度计算的样地1中灌木层的丰富度指数与样方数量之间的关系

Fig. 7 Relationship between richness index and number of quadrats for shrub layer in plot 1 with coverage as abundance

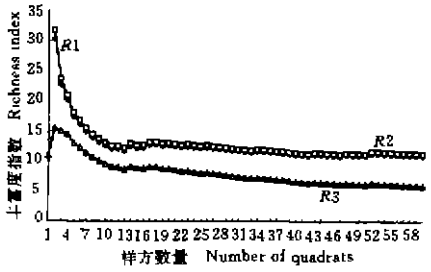

图8 用盖度计算的样地1中草本层的丰富度指数与样方数量之间的关系

Fig. 8 Relationship between richness index and number of quadrats for herb layer in plot 1 with importance value as abundance

个左右)，第3个样地最小(12个)；对灌木层第5个样地的临界样方数量最大(45个左右)，第2个样地最小(11个)；对草本层，第2个样地的是临界样方数量最大(15个)，第4个样地最小(5个)。

2.1.2 多样性指数 5个多样性指数中 OD 最不稳定，波动幅度最大，D_1 最稳定，D 也较稳定，表面上看

维普资讯 http://www.cqvip.com

HP 也较不稳定,而 *DM* 则较稳定。事实上,则刚好相反。原因在于 *HP* 的值较大,*DM* 的值较小,从第2种方法的计算结果(表3)可以清楚地看出 *DM* 的临界样方数量比 *HP* 的要大得多。除个别情况外,各指数不超过20个样方即达到稳定状态。对 D_1 来说,只需少数几个样方即达到稳定状态。对各样地,在少数几个样方以后一般都有 $OD>HP>D>D_1>DM$(见图2、图5)。

2.1.3 均匀度指数　5个均匀度指数中,*Jgi* 最稳定,其次是 *Ea* 和 *Jsw*,*Es* 和 *Eh* 最不稳定,且二者的变化一致。*Jgi* 只需少数几个样方即稳定下来,*Ea* 也只需几个样方,*Jsw* 需要十余个样方即达到稳定状态,而 *Es* 和 *Eh* 却需要几十个样方。在经过几个(个别情况下需要多一些)样方以后有关系 $Jgi>Jsw<>Ea>Es>Eh$,其中"<>"表示不确定。但本研究发现,5个样地的乔木层都有 $Ea>Jsw$,草本层有 $Jsw>Ea$,第1、2、4、5四个样地的灌木层也有 $Jsw>Ea$,只有第3个样地的灌木层是 $Ea>Jsw$(见图3、图6)。总地来说,要达到稳定状态所需样方数以乔木层为最多,灌木层次之,草本层最少。

2.2 同一群落不同层次之间多样性的比较

表1是对样地1计算的结果,表2是其它4个样地的结果。从中可以看出,各方法计算的结果(即各指数达到稳定以后的平均值)相当一致(个别情况除外)。5个样地的丰富度指数都是草本层最大,第3、4、5三个样地的丰富度指数是灌木层>乔木层,第1、2两个样地则相反。第2个样地的多样性指数是草本层>乔木层>灌木层,其余4个样地都是草本层>灌木层>乔木层,5个均匀度指数的结果不太一致,但由前面的分析可知,*Jgi* 这个指数比较稳定,且大多数结果都与这个指数的结果比较一致,故本文采用该指数进行各层的比较。从表3和表4可以看出,对5个样地的均匀度指数都有草本层>灌木层>乔木层。

2.3 不同群落同一层之间多样性的比较

从表1和表2还可以看出:对乔木层,样地1、2、3的丰富度指数较高,样地4、5的较低;对多样性指数则是样地3最高,样地1最低;对均匀度指数是样地5最高,样地1最低。对灌木层,其丰富度指数是样地3最高,样地1最低;多样性指数是样地3最高,样地2最低;均匀度指数是样地5最高,样地2最低。对草本层,以第4个样地的丰富度指数和多样性指数为最高,第2个样地的最低;均匀度指数则是第3个样地最高,第2个样地最低。

3 讨论

3.1 关于多度指标的选择问题

在生物多样性研究中有必要确定物种在群落中的数量[1],即物种的多度。由于多样性指数以及种-多度模型主要是根据对动物群落的研究发展而来的[2],并且动物个体很容易识别,所以通常利用个体数作为多度指标进行多样性研究就很容易理解了。实际上,根据 Hengeveld 的研究,有多达14种多度指标可以利用[3],其中生物量和盖度也是两个经常使用的多度指标。由于植物个体大小相差悬殊,因此,用个体数作为多度指标不太合适,而生物量的测定又十分耗时,所以用盖度作为多度指标进行植物群落多样性的研究是比较合适的,但应该注意,不应使用象 Domin、Braun-Blanguet 以及 Daubenmire 的盖度等级(cover scales),它们在盖度的最大值和最小值处给出了最大区分,它们与多度不是线性相关的[3]。本文还使用重要值作为多度指标,其研究结果与用盖度作为多度指标的结果完全一致,因此,利用重要值作为多度指标进行植物群落多样性的研究也是合适的。

3.2 关于多样性测度的稳定性问题

多样性测度的稳定性已在前面作过定义,它是指多样性测度对样本变化的敏感程度。多样性测度对样本变化越不敏感,其稳定性程度就越高。研究多样性测度的稳定性有两方面的用途。其一是,在进行多个群落之间的比较时,选择较稳定的指数(如 D_1)可以用较少的样方得出更可靠的结论;其二是,在进行环境监测与评价时,选择较不稳定的指数(如 *OD*)可以较容易地发现微小的环境变化。

有了多样性测度的稳定性概念以后,就使不同群落或不同层次之间的多样性比较得以顺利进行。以前为了客观地评价不同群落的多样性,总是选取相同大小的样本(如相同面积的样地),计算多样性测度指标,但这样计算的结果未必是群落多样性的真实反映。这样的比较实质上是样地间的比较,除非绝对有把握地认为选取的样地就是所研究群落的真正代表。而这里根据多个样方计算的多样性测度达到稳定以后

维普资讯 http://www.cqvip.com

的平均值可以更放心地作为整个群落的测度值。本研究中的样本(从而总的抽样面积)相当大,有理由认为代表了整个群落,故没有在群落中随机地设置样方。当然,在研究中,如果样本不是很大,还应该使所有样方在整个群落中随机设置,尽量避免群团状布设,以保证样方在研究区域中的代表性。

3.3 关于临界样方数量的确定方法问题

原则上说,在进行任何一项抽样之前都要认真地进行一番抽样设计,以确定要满足指定的精度要求,需要抽取多大的样本。由于群落多样性问题的复杂性,这方面的研究还很少,仅有 Magnussen 等(1995)[2]作过一些工作。这个思路即通常所说的最适理论抽样数的确定问题。本文的研究采用的是另外一个思路,属于事后评价的方法,与 Pielou 的合并样方方法的思路相仿。但是,Pielou 并没有对临界点(即曲线开始变平时的样方数量)给出客观的确定方法,而是通过肉眼观察的方法确定的,相对而言,本文的方法较客观。

研究发现,第二种方法的意义比较明确且直观,它将波动幅度与相应测度的平均值进行比较,对于平均值较大的指数允许其波动幅度也较大。k_1的大小取决于对稳定性要求的严格程度,k_1越小要求越严格,$k_1=0.2$的结果与直观判断比较吻合。第三种方法是将波动幅度与标准差相比较,因子 k_2的选取也取决于对稳定性要求的严格程度。

第一种方法与第二、第三种方法不太一样。它将每相邻两点测度之差与平均差值相比较,它认为只要每相邻两点之间没有大的差异就认为是稳定的,这意味着如果测度达到了稳定值,则以后小的扰动就只能带来小的波动,如果样方数量相差较大时,测度值也可能相差很大,即这种意义上的稳定与通常的意义不一样,它将测度开始平缓变化时的样方数量定义为临界样方数量。这个意义比较直观,同时也比较客观,因为它不需要给出比例因子值。但这种方法的应用范围可能受到限制,因为从大的范围来看,它有可能还有很大的波动。从本文的研究结果看,此方法比另外两种方法更苛刻,往往在样方数量相当大时才满足要求。

4 结论

(1) 用盖度和重要值作为多度指标进行植物群落多样性的研究是合适的,并且用它们计算的结果也是一致的。

(2) 3个丰富度指数 R_1、R_2和 R_3的变化趋势基本一致,一般需要20多个样方(样方为5m×5m)才能达到稳定;多样性指数 D_1最稳定,只需少数几个样方就达到稳定状态,OD 最不稳定,并且 D、D_1、DM 的值非常接近。均匀度指数 Jgi 比较稳定,也只需几个样方就达到稳定状态,其它几个都不太稳定。

(3) 在任何情况下,总有 $R_2>R_1>R_3$;在各指数达到稳定状态以后,甚至在少数几个样方之后就有 $OD>HP>D>D_1>DM$,$Jgi>Jsw<>Ea>Es>Eh$,其中,<>表示不确定。对乔木层有 $Ea>Jsw$;对草本层有 $Jsw>Ea$;除第3个样地外,对其它4个样地的灌木层也有 $Jsw>Ea$。

(4) 在大多数情况下,各测度都有,或近似地有:草本层>灌木层>乔木层。

(5) 计算临界样方数量的第二种方法意义明确、直观,从研究结果看,$k_1=0.2$时的计算结果与直观判断比较吻合。

参 考 文 献

1 Pielou E C. *Ecological Diversity*. New York: John Wiley & Sons Inc, 1975

2 Magnussen S and Boyle T J B. Estimating sample size for inference about the Shannon-Weaver and the Simpson indices of diversity. *Forest Ecology and Management*, 1995, **78**: 71～84

3 Magurran A E. *Ecological Diversity and its Measurement*. New Jersey: Princeton University Press, 1988

4 Kempton R A and Taylor L R. The Q-statistic and the diversity of floras. *Nature*, 1978, **275**: 252～253

5 Kempton R A. Structure of species abundance and measurement of diversity. *Biometrics*, 1979, **35**: 307～322

6 Peet R K. The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1974, **5**: 285～307

7 马克平,黄建辉,于顺利,陈灵芝. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究 I 植物群落的基本类型. 见钱迎倩,甄仁德主编,生物多样性研究进展——首届全国生物多样性保护与持续利用研讨会论文集. 北京:科学技术出版社, 1995. 318～334

8 马克平,黄建辉,于顺利,陈灵芝. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究 I 丰富度、均匀度和物种多样性指数. 生态学报, 1995, **15**(3): 268～277

9 马克平. 生物群落多样性的测度方法. 见钱迎倩、马克平主编,生物多样性研究的原理与方法. 北京:中国科学技术出版社, 1994. 141～165