

物种累积曲线及其应用*

李 巧**

(西南林业大学云南省森林灾害预警与控制重点实验室 昆明 650224)

摘 要 在生物多样性和群落调查中,物种累积曲线被广泛用于抽样量充分性的判断以及物种丰富度估计。然而该方法在国内却很罕见,致使相关研究无法保证科学的抽样。本文介绍了如何运用 EstimateS 软件计算物种累积曲线,并通过 Excel 绘图功能绘制曲线,以期提高生物多样性和群落调查中抽样的科学性。

关键词 方法论, 生物多样性, 抽样量, 丰富度估计, EstimateS 软件

Species accumulation curves and its application

LI Qiao**

(Key Laboratory of Forest Disaster Warning and Control in Yunnan Province, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

Abstract Species accumulation curves are widely used to judge whether sampling effort is sufficient and to estimate insect species richness. However, because these have been only rarely used in China so scientific sampling cannot be guaranteed. This paper introduces how to calculate species accumulation curves using EstimateS software and how to draw the curves using the Excel mapping function.

Key words methodology, biodiversity, sampling size, richness estimators, EstimateS software

物种累积曲线(species accumulation curves)用于描述随着抽样量的加大物种增加的状况,是理解调查样地物种组成和预测物种丰富度的有效工具,在生物多样性和群落调查中,被广泛用于抽样量充分性的判断以及物种丰富度(species richness)估计(Longino, 2000; 李巧等, 2009b)。

由于客观原因,大多数生物多样性和群落调查无法做到全面系统的调查,只能是抽样调查。抽样调查中,如果不对抽样量是否充分进行考察,就不能确定调查结果是否能够真实反映物种存在的状况,其科学性就令人置疑。因此,需要通过物种累积曲线来判断抽样量是否充分,在抽样量充分的前提下,运用物种累积曲线对物种丰富度进行预测,这在国外的相关研究中十分普遍(Moreno and Halffter, 2001; Jiménez-Valverde *et al.*, 2006; Ulrich, 2006),而国内则很不常见。本文介绍了如

何运用 EstimateS 软件(Colwell, 2009)对抽样数据进行分析,计算物种累积曲线,并通过 Excel 进行曲线的绘制,以期更多学者将物种累积曲线用于生物多样性和群落调查中,保证抽样的科学性。

1 物种累积曲线计算

物种累积曲线的计算需要用到统计软件 EstimateS,它可以从相关网站上免费下载(<http://purl.oclc.org/estimates>)。成功安装在计算机上后,就可以进行数据输入及计算了。

1.1 数据输入

由于抽样量可以用多种形式来表现,包括样本数量、个体数量、抽样次数等等,因此可以根据研究的需要进行数据整理。第 1 步:通常以物种为行、样本为列在 Excel 工作表上进行数据统计,如图 1(sheet 1),它表示 24 次调查中 33 个物种的

* 资助项目:国家自然科学基金地区科学基金项目(31160131)、西南林业大学重点科研基金项目和云南省重点学科森林保护建设经费(XKZ200905)。

**E-mail: lqfcb@126.com

收稿日期:2010-12-07,接受日期:2011-01-12

多度(个体数)。从第 1 行 1~8 列可以看出,第 1 个物种在第 1 次调查中有 5 个个体,第 2 次到第 8 次调查均未发现该物种。第 2 步:在以上工作表的首行插入 2 行,第 1 行仅第 1 列有内容,以描述性的文字来代表数据的来源或性质,本例中为“insect”;第 2 行第 1 列为物种总数,第 2 列为样本

总数,其余空白,见图 2(sheet 2)。第 3 步:打开一个无内容的记事本文档,复制 sheet 2 中的内容并粘贴在记事本上,命名后关闭该文档,注意不要随意修改文档内容。本例中记事本文件名为“insect”(图 3)。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
1	5	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0
2	0	0	1	0	0	0	0	2	1	1	5	5	2	2	0	1	0	2	2	3	7	10	1	0
3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	3	0	1	2	0	0	0	0	1	2	1	0	0
4	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	4	1	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
6	0	5	12	1	6	1	0	2	2	1	0	11	0	5	0	11	6	0	3	2	1	13	1	15
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	16	1	7	0	6	0	1	0	0	0	2	0	0
11	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	3	0	2	0	0	0	0	0	1	0	1
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	2	4	1	0	1	1	0	0	1	0	0	6	0	2	0	6	0	1	2	0	0	0	0	1
14	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	4	0	2	0	1	0	0	1	2	0	2	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
24	0	0	0	0	0	0	2	0	2	2	0	7	5	0	1	1	0	2	0	0	0	1	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	2	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	1
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0
29	8	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	17	10	24	3	15	0	4	9	8	21	4	10	0	2	1	4	1	3	0	1	1	14	7	18
31	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	5	5	1	14	0	0	0	0	5	4	0	0	14	0	1	5	0
33	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34																								

图 1 Excel 工作表数据示范 1

Fig. 1 Data example 1 in an Excel table

1.2 数据计算

利用 EstimateS 软件计算生物多样性。第 1 步:打开 EstimateS,左键点击窗口中的“File”并选择下拉菜单中的第 1 行即“Load Data Input File”,找到名为“insect”记事本文件并打开;随后跳出的对话框有 3 个,分别点击“OK”即可。第 2 步:点击窗口中的“Diversity”并选择下拉菜单中的第 2 行即“Compute Diversity Stats”,首先跳出对话框提示“是否删除已有的数据记录”,点击“OK”,多样性的计算结果随即出现(图 4),点击“Export”进行数据结果输出,该结果同样以记事本文档形式保存。本例中该记事本文件名为“R of insect”(图 5)。第 3 步:打开该记事本文档,将全部内容复制到空白 Excel 工作表中,见图 6(sheet 3)。

2 物种累积曲线绘制

2.1 以个体数量和抽样次数为横坐标

根据数据计算结果,选择 sheet 3 中的第 2、3 列即“Individuals (computed)”(表示物种的个体数)和“Sobs (Mao Tau)”(表示样本的物种数)两列的数据,并在行首补充一组“0,0”数据,如图 7(sheet 4)。然后利用 Excel 的图表功能绘制无数数据点平滑线散点图(图 7)。

2.2 以抽样次数或样本量为横坐标

选择 sheet 3 中的第 1、3 列即“Samples”(表示样本数,本例中指抽样次数)和“Sobs (Mao Tau)”(表示样本的物种数)两列的数据,并在行首补充一组“0,0”数据,如图 8(sheet 5)。然后利用 Excel

Microsoft Excel - Book1.xls

文件(F) 编辑(E) 视图(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 数据(D) 窗口(W) 帮助(H)

键入需要帮助的问题

宋体 12

	A3	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1	insect																						
2	33	24																					
3	5	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
4	0	0	1	0	0	0	0	2	1	1	5	5	2	2	0	1	0	2	2	3	7	10	1
5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	3	0	1	2	0	0	0	0	1	2	1	0
6	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	4	1
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
8	0	5	12	1	6	1	0	2	2	1	0	11	0	5	0	11	6	0	3	2	1	13	1
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	16	1	7	0	6	0	1	0	0	0	2	0
13	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	3	0	2	0	0	0	0	0	1	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	2	4	1	0	1	1	0	0	1	0	0	6	0	2	0	6	0	1	2	0	0	0	0
16	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	4	0	2	0	1	0	0	1	2	0	2	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
26	0	0	0	0	0	0	2	0	2	2	0	7	5	0	1	1	0	2	0	0	1	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	2	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0
31	8	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

M < > M\Sheet1\Sheet2\Sheet5\Sheet4\Sheet3/

就绪

开始

Microsoft Excel

图 2 Excel 工作表数据示范 2

Fig. 2 Data example 2 in an Excel table

[illegible]

图3 记事本数据示范

Fig. 3 Data example in a text file

Samples	Individuals (computed)	Sobs (Mao Tau)	Sobs 95% CI Lower	Sobs 95% CI Upper Bound	Sobs SD (Mao Tau)	Sobs Mean (runs)	Singletons Mean	Singletons SD (runs)	Doubletons Mean	Doubletons SD (runs)	Uniques Mean	Uniques SD (runs)	Duplicates Mean
1	25.25	7.16	4.65	9.67	1.28	6.08	2.86	1.72	1.24	1.36	6.08	2.86	0
2	50.5	11.47	8.16	14.77	1.88	11.14	4.42	1.75	2.3	1.18	8.74	2.70	2.4
3	75.75	14.54	10.87	18.21	1.87	14.28	5.08	1.57	2.78	1.07	9.44	2.58	3.44
4	101	16.92	13.07	20.77	1.98	16.5	5.72	2	2.84	1.40	9.48	2.83	3.94
5	126.25	18.85	14.92	22.78	2	18.48	6.12	1.97	2.84	1.16	9.68	3.17	4.22
6	151.5	20.46	16.51	24.41	2.01	20.02	6.34	2.16	2.84	1.41	9.7	3.46	4.56
7	176.75	21.84	17.90	25.77	2	21.18	6.46	2.08	2.86	1.46	9.64	3.31	4.68
8	202	23.04	19.14	26.94	1.98	22.5	6.54	2.16	2.96	1.62	9.64	3.31	4.7
9	227.25	24.11	20.26	27.96	1.98	23.8	6.8	2.27	2.92	1.39	9.98	2.91	4.46
10	252.5	25.09	21.30	28.89	1.93	24.82	6.88	2.16	3.02	1.30	9.96	2.84	4.36
11	277.75	26	22.26	29.74	1.90	25.76	6.84	2.11	3.1	1.31	9.74	2.55	4.74
12	303	26.76	23.08	30.47	1.88	26.7	6.78	2.11	3.22	1.44	9.88	2.63	4.8
13	328.25	27.51	23.85	31.17	1.88	27.78	6.9	2.07	3.4	1.30	10.2	2.46	4.44
14	353.5	28.20	24.58	31.83	1.85	28.88	7.06	1.83	3.7	1.23	10.52	2.04	4.64
15	378.75	28.85	25.25	32.45	1.83	29.4	6.98	1.74	3.8	1.22	10.38	2.07	4.82
16	404	29.45	25.88	33.03	1.82	29.92	6.88	1.86	3.9	1.14	10.2	2.28	5.08
17	429.25	30.01	26.45	33.58	1.81	30.66	6.94	1.70	3.88	1.13	10.2	2.11	5.48
18	454.5	30.54	26.99	34.09	1.81	31.1	6.88	1.58	3.84	1.25	10.04	1.99	5.78
19	479.75	31.03	27.48	34.58	1.81	31.68	6.86	1.27	3.94	1.18	9.8	1.46	6.24
20	505	31.48	27.93	35.04	1.81	31.88	6.78	1.23	3.68	1.07	9.48	1.54	6.32
21	530.25	31.91	28.35	35.47	1.81	32.26	6.88	1.05	3.44	1.03	9.22	1.29	6.72
22	555.5	32.30	28.72	35.88	1.82	32.56	6.5	0.99	3.46	1.01	8.92	1.10	7.16
23	580.75	32.66	29.06	36.26	1.83	32.76	6.2	0.72	3.32	0.79	8.5	0.95	7.54
24	606	33	29.36	36.63	1.85	33	6	0	3	0	8	0	8

图 4 Estimates 数据计算结果

Fig.4 Results of calculation in Estimates

Samples	Individuals (computed)	Sobs (Mao Tau)	Sobs 95% CI Lower Bound	Sobs 95% CI Upper Bound	Sobs SD (Mao Tau)	Sobs Mean (runs)	Singletons Mean	Singletons SD (runs)	Doubletons Mean	Doubletons SD (runs)	Uniques Mean	Uniques SD (runs)	Duplicates Mean	Duplicates SD (runs)
1	25.25	7.17	4.65	9.68	1.28	6.08	3.68	1.66	1.72	1.5	8.16	3.23	0	13.94
2	50.5	11.47	8.17	14.78	1.69	12.54	4.98	1.63	2.34	1.32	9.14	2.44	3.4	19.17
3	75.75	14.55	10.88	18.22	1.87	15.18	5.22	1.93	2.76	1.49	9.36	2.99	4.02	20.72
4	101	16.93	13.08	20.78	1.96	17.64	5.48	2.1	3.12	1.48	9.46	3.18	4.54	23.16
5	126.25	18.85	14.92	22.79	2.01	19.02	5.48	2.09	3.26	1.64	8.96	3.02	5.06	24.19
6	151.5	20.46	16.51	24.41	2.02	20.9	5.78	2.22	3.24	1.48	9.08	3.07	5.16	26.27
7	176.75	21.84	17.91	25.78	2.01	22.26	6.02	2.31	3.22	1.43	9.12	3.15	5.04	27.66
8	202	23.04	19.15	26.94	1.99	23.32	6.14	2.47	3.38	1.43	9.24	3.4	4.96	28.75
9	227.25	24.12	20.27	27.97	1.96	24.18	6.28	2.46	3.38	1.43	9.38	3.14	4.7	29.77
10	252.5	25.1	21.3	28.9	1.94	25.06	6.4	2.32	3.4	1.41	9.4	2.97	4.82	30.8
11	277.75	26	22.26	29.74	1.84	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	303	26.76	23.08	30.47	1.84	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	328.25	27.51	23.85	31.17	1.84	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	353.5	28.20	24.58	31.83	1.84	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	378.75	28.85	25.25	32.45	1.84	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	404	29.45	25.88	33.03	1.84	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	429.25	30.01	26.45	33.58	1.84	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	454.5	30.54	26.99	34.09	1.84	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	479.75	31.03	27.48	34.58	1.84	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	505	31.48	27.93	35.04	1.84	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	530.25	31.91	28.35	35.47	1.84	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	555.5	32.30	28.72	35.88	1.84	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	580.75	32.66	29.06	36.26	1.84	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	606	33	29.36	36.63	1.84	0	0	0	0	0	0	0	0	0

图 5 计算结果输出格式

Fig.5 Export format of calculation

Samples	Individuals	Sobs	McSobs	95% Sobs	95% SD	Sobs	McSobs	Singletons	Doubletons	Uniques	Duplicates
1	25.25	7.17	4.65	9.68	1.28	8.16	3.68	1.66	1.72	1.5	8.16
2	50.5	11.47	8.17	14.78	1.69	12.54	4.98	1.63	2.34	1.32	9.14
3	75.75	14.55	10.88	18.22	1.87	15.18	5.22	1.93	2.76	1.49	9.36
4	101	16.93	13.08	20.78	1.96	17.64	5.48	2.1	3.12	1.48	9.46
5	126.25	18.85	14.92	22.79	2.01	19.02	5.48	2.09	3.26	1.64	8.96
6	151.5	20.46	16.51	24.41	2.02	20.9	5.78	2.22	3.24	1.48	9.08
7	176.75	21.84	17.91	25.78	2.01	22.26	6.02	2.31	3.22	1.43	9.12
8	202	23.04	19.15	26.94	1.99	23.32	6.14	2.47	3.38	1.43	9.24
9	227.25	24.12	20.27	27.97	1.96	24.18	6.28	2.46	3.38	1.43	9.38
10	252.5	25.1	21.3	28.9	1.94	25.06	6.4	2.32	3.4	1.41	9.4
11	277.75	26.01	22.26	29.75	1.91	26.04	6.54	2.41	3.6	1.63	9.68
12	303	26.77	23.07	30.47	1.89	26.96	6.58	2.39	3.76	1.39	9.58
13	328.25	27.52	23.86	31.18	1.87	27.62	6.64	2.46	3.68	1.27	9.6
14	353.5	28.21	24.58	31.84	1.85	28.56	6.76	2.44	3.9	1.36	9.92
15	378.75	28.86	25.26	32.45	1.84	29.08	6.74	2.37	3.78	1.28	9.84
16	404	29.46	25.88	33.03	1.82	29.44	6.58	2.42	3.62	1.18	9.54
17	429.25	30.02	26.46	33.58	1.82	30.08	6.58	2.04	3.78	1.18	9.62
18	454.5	30.54	26.99	34.1	1.81	30.6	6.56	1.9	3.78	1.11	9.6
19	479.75	31.03	27.48	34.58	1.81	31.26	6.62	1.55	3.64	1.01	9.54
20	505	31.49	27.94	35.04	1.81	31.88	6.58	1.36	3.52	1.05	9.42
21	530.25	31.91	28.35	35.47	1.82	32.12	6.5	1.09	3.42	0.97	9.2
22	555.5	32.3	28.73	35.88	1.83	32.54	6.36	0.98	3.38	0.81	8.84
23	580.75	32.67	29.07	36.27	1.84	32.8	6.16	0.68	3.12	0.63	8.38
24	606	33	29.37	36.63	1.85	33	6	0	3	0	8

图6 计算结果保存格式示范

Fig. 6 Example of saving format in an Excel table

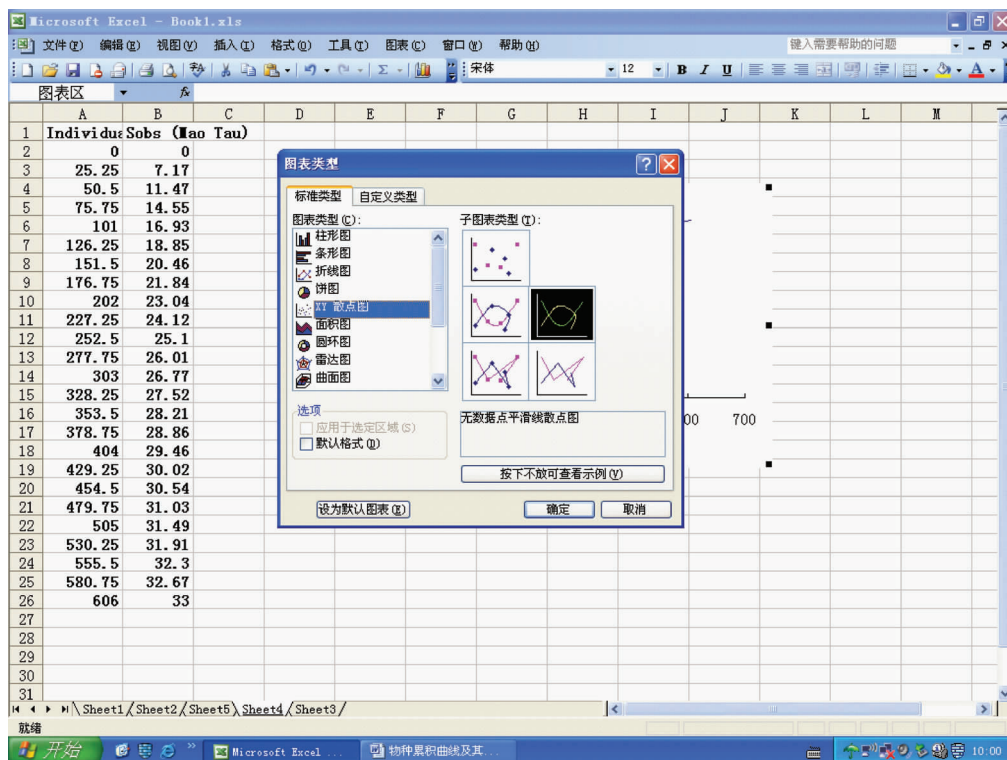


图7 物种累积曲线数据及图表类型

Fig. 7 Data for a species accumulation curve and type of the curve

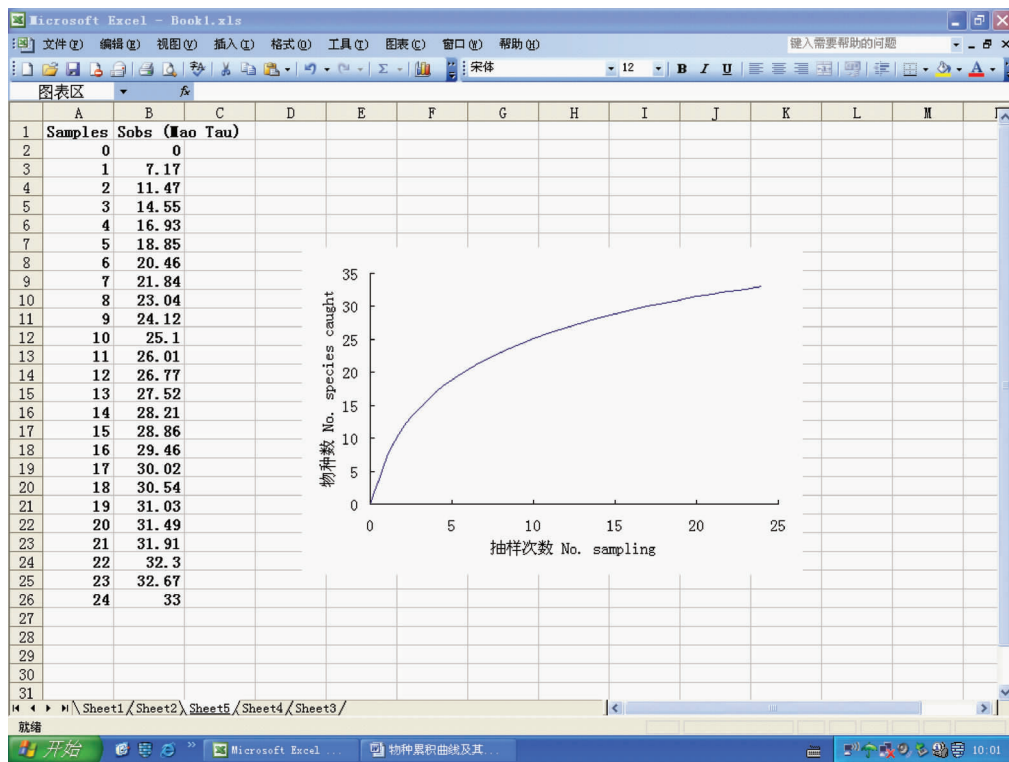


图 8 物种累积曲线数据及图形

Fig. 8 Data for species accumulation curves and the curve

的图表功能绘制无数据点平滑线散点图(图 8)。

3 物种累积曲线运用

3.1 抽样量充分性判断

利用物种累积曲线判断抽样量是否充分是根据曲线的特征来判断:如果曲线一直急剧上升,几为直线,表明抽样量不足,需要增加抽样量;如果曲线在急剧上升后变为一渐近线,上升舒缓,则表明抽样充分,可进行数据分析(Longino, 2000;

Ugland *et al.* 2003;李巧等,2009b)。

从图 9 中可看出,a 中物种累积曲线接近直线,显示出抽样量严重不足;b 中物种累积曲线为一渐近线,表明抽样充分。

3.2 物种丰富度估计

物种丰富度通常被视为决定保护价值的最重要标准之一,获得可靠的物种丰富度估计是多样性保护的一个重要目标,EstimateS 软件中提供了常用的估计方法如 ACE (Abundance-base Coverage

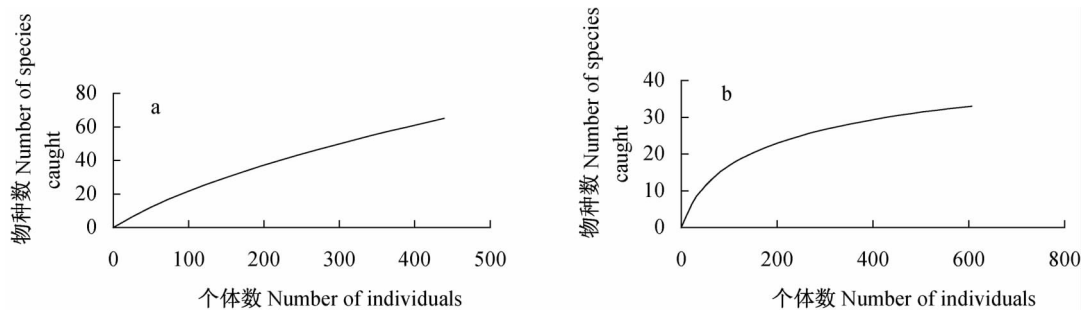


图 9 物种累积曲线示意图

Fig. 9 Examples of species accumulation curves

Estimator)、ICE (Incidence-based Coverage Estimator)、Chao1、Chao2、M-M (Michaelis-Menten)、Jackknife1 等 (Gaston, 1996; Longino, 2000; 李巧等, 2009b)。而国内一些研究直接以样本的物种数目 S 值而不是物种丰富度估计值来表现群落的物种丰欠状况, 可能导致对实际物种数的过低估计 (李巧等, 2009b)。以文中例子来看, 其 ACE 值为 37.42 (sheet 3 中的 P 列 28 行), ICE 值为 39.59 (sheet 3 中的 R 列 28 行), 即这 2 种方法对调查样地目标昆虫的物种丰富度估计大约为 37 种和 40 种。从抽样效果来看, 实际采集到的物种数目 (33 种) 约为全部物种 (物种丰富度估计值) 的 83% ~ 89%, 样地中的大多数物种被采集到, 效果较好。

4 结语

抽样量充分性是当前生物多样性和群落调查中值得关注的问题 (李巧等, 2009b; 陈又清等, 2010a), 一些研究尝试用物种丰富度估计值来表现群落物种的丰欠状况 (李巧等, 2009a, 2009c; 贾玉珍等, 2009; 陈又清等, 2010b), 少数学者在多样性研究中运用物种累积曲线 (郑国等, 2009), 然而从这些研究中物种数目 S 值与物种丰富度估计值的大小来看, 大多数研究的抽样效果并不理想。

“2010 生物多样性目标”由于外来入侵物种的严重威胁而没有实现 (McGeoch *et al.*, 2010), 我们面临的生物多样性保护形势更加严峻。我国生物多样性研究方法水平相对落后, 迫切需要在科学的方法论基础上开展相关研究, 为地区生态建设和生物多样性保护服务。有调查显示, 近年来我国昆虫多样性相关研究增长较快 (黄小磊和乔格侠, 2010)。在这种形势下, 物种累积曲线的普及和运用显得尤为重要。

参考文献 (References)

- 陈又清, 李巧, 陈彦林, 王思铭, 2010a. 糖醋液和乙二醇对地甲虫的诱集效率比较. *昆虫知识*, 47(1): 129—133.
- 陈又清, 李巧, 王思铭, 郑勇, 朱云辉, 王绍云, 2010b. 普洱市亚热带季风常绿阔叶林区象甲总科昆虫多样性. *云南大学学报*, 32(1): 97—102, 107.
- Colwell RK, 2009. EstimateS: Statistical estimation of species

richness and shared species from samples. Version 8.2. [2009—09—20]. <http://purl.oclc.org/estimates>.

- 黄小磊, 乔格侠, 2010. 我国昆虫区系和多样性研究现状及几点建议. 中国昆虫学会 2010 年学术年会论文摘要集.
- Gaston K, 1996. Species richness: measure and measurement // Gaston K (ed.). *Biodiversity: A Biology of Numbers and Difference*. Blackwell, Cambridge. 77—113.
- 贾玉珍, 赵秀海, 孟庆繁, 2009. 长白山针阔混交林不同演替阶段的昆虫多样性. *昆虫学报*, 52(11): 1236—1243.
- Jiménez-Valverde A, Mendoza SJ, Cano JM, Munguira ML, 2006. Comparing relative model fit of several species-accumulation functions to local Papilionoidea and Hesperioidea butterfly inventories of Mediterranean habitats. *Biodivers. Conserv.*, 15: 177—190.
- 李巧, 陈又清, 王思铭, 郑勇, 朱云辉, 王绍云, 2009a. 普洱市亚热带季风常绿阔叶林区蚂蚁多样性. *生物多样性*, 17(3): 233—239.
- 李巧, 陈又清, 徐正会, 2009b. 蚂蚁群落研究方法. *生态学杂志*, 28(9): 1862—1870.
- 李巧, 杨自忠, 陈又清, 王思铭, 郑勇, 朱云辉, 王绍云, 2009c. 普洱市亚热带季风常绿阔叶林区蜘蛛多样性. *福建林学院学报*, 29(4): 301—305.
- Longino JT, 2000. What to do with the data // Agosti D, Majer JD, Alonso LE, Schultz TR (eds.). *Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity*. Washington and London: Smithsonian Institution Press. 186—203.
- McGeoch MA, Butchart SHM, Spear D, Marais E, Kleynhans EJ, Symes A, Chanson J, Hoffmann M, 2010. Global indicators of biological invasion: species numbers, biodiversity impact and policy responses. *Divers. Distrib.*, 16: 95—108.
- Moreno CE, Halfpeter G, 2001. On the measure of sampling effort used in species accumulation curves. *J. Appl. Ecol.*, 38: 487—490.
- Ugland KI, Gray JS, Ellingsen KE, 2003. The species-accumulation curve and estimation of species richness. *J. Anim. Ecol.*, 72: 888—897.
- Ulrich W, 2006. Decomposing the process of species accumulation into area dependent and time dependent parts. *Ecol. Res.*, 21: 578—585.
- 郑国, 杨效东, 李枢强, 2009. 西双版纳地区六种林型地表蜘蛛多样性比较研究. *昆虫学报*, 52(8): 875—884.