

知识介绍

顺序连续比较指数 (SCI) 法简介

杞 桑

(暨南大学水生生物研究所)

摘要 本文简介了顺序连续比较指数法。顺序连续比较指数是凯恩斯等人首创的一种度量群落的种类多样性指数。此指数在使用中虽会损失不少有关群落的重要信息,但它简单且特别适于分类学知识不足的科研人员使用。

在水污染的生物学监测与评价工作中,首先遇到的问题是难以对各种生物作出准确的鉴定。在我国有关的工具书十分奇缺、技术人员又不可能具备丰富的分类学知识的情况下,这种困难相当突出,是妨碍普遍开展水污染生物学监测与评价的重要原因之一。

事实上,上述情况在国外也不同程度地存在。因此, Cairns 设计了一种顺序连续比较指数,简称为 SCI,以图克服此难题提供一种新途径^[1,2]。SCI 虽是一种指数,实则也是一种方法。此法的特点是不需对生物种类作出鉴定,即使缺乏分类学专业知识的工作人员,稍微学习后很快就能掌握。1980 年, Buikema 等又将此法进一步完善,作为美国“人与生物圈”委员会培训环境污染评价技术人员的教材^[3]。

SCI 是一种度量群落多样性的指数。它与其他多样性指数的基本原理一样,认为环境一旦受到污染,群落中的种类多样性就降低。同时,它还有一定的数理统计依据。故自 SCI 提出后就受到一些人的注意。Lind 已将此法收入他撰编的一本湖泊学方法小手册中^[4], Persoone 和 De Pauw 也对此作了介绍^[5]。Washington 在对目前常用的一些指数的综述中,认为此法有一定的应用价值^[6]。Archibald 在以硅藻为材料评价河流水质的研究中,比较了 SCI, Simpson 指数, Menhinick 指数, Margalef 指数, Brillouin 指数,认为 SCI 是最简单而有效的方法^[7]。

鉴于我国水污染生物学监测与评价尚处于初始阶段,可能需要就一些方法学问题,结合我国实际进行研究。同时又考虑到 SCI 法比较简便,故对此法作一简要介绍,以供有关人员参考。

把采到的定量大型底栖无脊椎动物样品,按常规方法检出动物并装入瓶中固定。分析时,将瓶中

的标本充分摇匀,迅速倒在一事先划有若干平行线的白瓷盘中。瓷盘中的平行线宽窄不拘,但以大于样品中最大的标本为宜。倒出的标本要求能任意散布在瓷盘中。若有些标本重叠堆积在一起,则用水将它们冲散,不宜人为地用工具将它们分开,以免受人为因素的影响。

标本倒出散开后,必然是杂乱无章的(图1)。此时,可用工具将标本移至最靠近的平行线上排列起来(图2)。完成此步骤后,就可以按顺序自左至右,逐行逐个地比较各个标本的异同了。SCI 法只允许工作人员在比较标本的异同时用两种符号来表示。两种符号可以是×和○,也可以是任何两种其他简

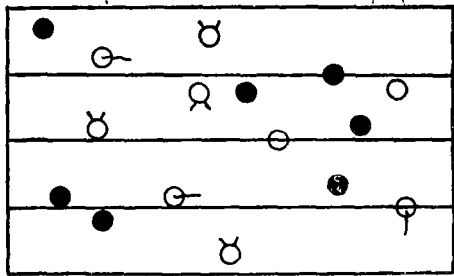


图1 标本散布杂乱无章

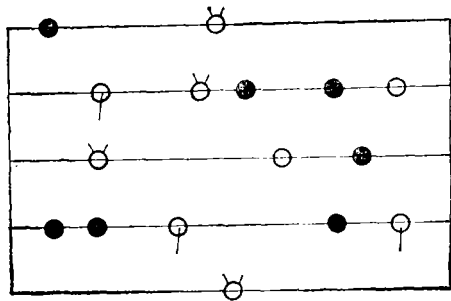


图2 将标本移至线上排列起来

单的符号.比较时,先给第一个标本一个符号,假设记为 $\times$,然后第二个标本与第一个标本比较,如果相同,则再记下一个相同的符号;如果不同,就变更符号.按此原则,逐一连续比较下去至最后一个标本为止,总符号数必与个体数相等.例如图2,顺序比较的结果为: $\times \bigcirc \times \bigcirc \times \times \bigcirc \times \bigcirc \times \times \times \bigcirc \times \bigcirc \times$.为便于将相同的符号归类,可在相同的符号下打一横杠,于是即成为: $\times \bigcirc \times \bigcirc \times \times \bigcirc \times \bigcirc \times \times \times \bigcirc \times \bigcirc \times$.由此可见,共分成13个“组”.在这13个组中,共有16个标本.换言之,在这16个标本中,可按符号的异同分为13个组.又在这些标本中,仅有4“种”动物,即 $\bullet \bigcirc \varnothing \phi$.这即为SCI法中的“种”数.至于具体是什么种,无需作鉴定,只要能区别它们就可以了.“种”的识别工作,可以在顺序比较前进行.

SCI值的计算公式为:

$$SCI = \frac{\text{组数}}{\text{总标本数}} \times \text{“种”数}$$

将由图2得出的数据代入上式得

$$SCI = \frac{13}{16} \times 4 = 3.25$$

显然,一个样品中的“种”数是不会改变的.但样品每倒出一次,各个标本所构成的排列次序就变更一次.故作完一次顺序排列而获得一个SCI值后,需将标本收回瓶中,重复一次上述的工作.有时候一个样品中标本的数量很大,不便于作一次性处理,则第一次可先处理50个标本,得出一个指数.在这情况下称之为 DI_1 .显然,

$$DI_1 = \frac{\text{组数}}{50}$$

然后再处理第二次的50个标本,又得出一个 DI_1 值.据实践结果,当达到第五次时,即250个标本时, DI_1 值就趋稳定^[2].Cairns等提供了一个所需的重复次数与 DI_1 的关系图.根据该图,若 DI_1 的平均值要求落在真值20%之内且可信度达95%,则仅需重复一次;若 DI_1 的平均值要求落在真值的10%之内而可信度同样为95%,则需重复七次左右.

由SCI公式可见,若样品中的全部标本均为不相同的“种”,则 $SCI = \text{组数} = \text{总标本数} = \text{“种”数}$;若全部标本属于同一“种”,则 $SCI = \frac{1}{\text{总标本数}}$.尽管这是两种极端的情况,但却反映出SCI符合这样的生态学基本规律:当群落在稳定且不受外界干扰,种类多且每种的数量分配较均匀时,多样性就较高.反之,当群落受到干扰,例如受到污染,种类数将减少,而仅有的少数种类,其数量就增多,多样性

较低.

必须指出的是,SCI与其他指数一样,是个相对的概念.单独一个SCI值并不表明任何实际意义.SCI值只有通过比较,例如比较同一群落在不同时间的SCI;或同一时间内不同群落的SCI,才能从一系列不同的SCI中获得有用的信息,从而对环境作出评价.

目前,度量多样性的指数颇多^[4],但没有一种能成为公认的标准化公式,即使是在生态学上使用较普遍的Shannon-Weiner指数公式,也遭受批评^[4].原因就在于各种多样性指数均存在一定的缺点.SCI也不例外.其缺点突出地表现在:(1)由于SCI仅要求人们能区别两个标本的异同而已,从而丧失了许多有价值的物种信息资料.(2)倒出来的样品,其中标本很难获得随机分布.一个样品所需的重复次数,未必如Cairns等所阐述的那么容易达到.

前已指出,Archibald以硅藻为材料,用SCI计算其群集的多样性^[7].显然,对于个体微小的动植物,无法将标本进行顺序排列,在此情况下,只好借助于显微镜视野,按一定的移动将视野中所见到的标本逐一作符号记录.同样可获得组数,总标本数和“种”数等数据.此外,SCI法尚可应用于陆生环境,计算草地、灌木、森林等群落.这些大多不宜将标本采回室内作分析.对此,可以在一定范围内,将各“种”逐个以一定的符号或编号记于一纸条上.每一纸条就相当于一个标本,然后放入一容器中,再按SCI的操作要求倒在一有划线的瓷盘中进行顺序比较.但是,对于上述几种陆生群落的应用效果如何,笔者尚未见有报道.笔者认为,可结合我国的和个人的实际情况加以试用和发展.近年来,笔者在水污染生态学教学中苦于学生分类学知识的不足,曾用SCI法作为实验内容之一,取得一定的效果.有兴趣者不妨一试.

参 考 文 献

- [1] Cairns, J., Jr., *J. Wat. Pollut. Contr. Fed.* 40, 1607-1613 (1968).
- [2] Cairns, J., Jr., *Ibid.* 43, 755-772 (1971).
- [3] Buikema, A. L. et al., *Pollution Assessment a Training Manual. UNESCO MAN AND THE BIOSPHERE, U. S. MAR HANDBOOK NO 1.* Washington, D. C., p. 15, 1980.
- [4] Lind, O. T. *Handbook of Common Methods in Limnology.* C. V. Mosby Co. Saint Louis, p. 154, 1974.

(下转第89页)

表 7 雅鲁藏布江和羊湖水质变化预测结果

电站运行时间 (a)	羊湖水环境变化预测结果							雅鲁藏布江矿化度变化计算 (mg/L)		
	相应入湖 水量 ($\times 10^9 \text{m}^3$)	相应蒸发量 ($\times 10^9 \text{m}^3$)	相应湖水 容量 ($\times 10^9 \text{m}^3$)	I (mg/L · a)	θ (a)	c_E (mg/L)	矿化度 (mg/L)	最枯期 (95)	枯水期 (140)	丰水期 (400)
0	9.54	9.55	143.00	11.29	79.44	896.87	1956.50	480.07	400.39	206.17
5	9.51	9.34	139.25	11.58	77.36	895.83	1891.86	469.77	393.03	203.38
10	9.49	9.14	135.49	11.90	75.26	895.59	1829.52	459.84	385.92	200.70
15	9.45	8.90	130.00	12.39	72.22	894.81	1769.49	450.28	379.09	198.11
20	9.42	8.66	124.56	12.92	69.22	894.04	1710.98	440.96	372.42	195.59
25	9.40	8.48	119.89	13.42	66.61	893.91	1654.04	431.89	365.93	193.14
30	9.37	8.29	115.22	13.95	64.01	892.94	1599.07	423.13	359.67	190.77
35	9.36	8.17	110.84	14.50	61.58	892.91	1546.01	414.68	353.63	188.49
40	9.34	8.04	106.47	15.09	59.15	892.57	1495.08	406.56	347.82	186.30
45	9.33	7.91	102.50	15.67	56.94	892.25	1446.24	398.79	342.26	184.19
50	9.31	7.79	98.53	16.29	54.74	891.71	1399.67	391.37	336.95	182.19
55	9.30	7.71	95.33	16.83	52.96	891.32	1355.33	384.30	331.90	180.28
58	9.29	7.63	93.40	17.18	51.89	891.47	1329.78	380.23	328.99	179.18
60	9.29	7.59	92.12	17.41	51.18	891.04	1313.21	277.59	327.10	178.46
63	9.28	7.54	90.20	17.78	50.11	890.96	1289.18	373.77	324.37	177.43
65	9.28	7.50	88.92	18.04	49.40	891.18	1273.60	371.28	322.59	176.76
67	9.27	7.46	87.62	18.30	48.68	890.84	1258.43	368.87	320.86	176.10
80	9.27	7.46	87.62	18.30	48.68	890.84	1172.28	355.15	311.05	172.39
100	9.27	7.48	87.62	18.30	48.68	890.84	1077.46	340.04	300.25	168.31
200	9.27	7.46	87.62	18.30	48.68	890.84	912.75	313.80	281.48	161.22
700	9.27	7.46	87.62	18.30	48.68	890.84	890.84	310.31	278.99	160.28
1000	9.27	7.46	87.62	18.30	48.68	890.84	890.84	310.31	278.99	160.28

五、结 语

羊湖电站对雅鲁藏布江水质有一定影响,开发羊湖水利资源后,江中矿化度在枯水期比电站尾水上游增大 2.4 倍,丰水期增大 1.6 倍。随着羊湖电站的运行,羊湖水质不断淡化,相应受影响的雅鲁藏布江水质也在变化,到 700 年左右,水中矿化度浓度达到稳定状态。从羊湖和雅鲁藏布江水质的演变计算表明,到 200 年左右,羊湖本身矿化度降低到 1000mg/L 以下,因此:随着羊湖电站运行时间的增长,对雅鲁藏布江的影响就会越来越小。

(上接第 91 页)

- [5] Persoone, G. and De Pauw, N., In Revera, O. (ed.) *Biological Aspects of Freshwater Pollution*, pp 39—75, Pergamon Press, Oxford, 1974.
- [6] Washington, H. G., *Water Res.* 18 (6), 653—

致谢参加野外工作的还有周子夜、段开甲、王义龙、陈正平和李英等,施为光参加和指导制定了前野外工作方案,在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 范云崎,海洋与湖沼,14(2),120—124(1983).
- [2] [美] H.B. 费希尔等著,清华大学水力学教研组译,余常昭审校,环境水力学,第 75—83 页,水利电力出版社 1986.9.

(收稿日期: 1988 年 9 月 5 日)

694 (1984).

- [7] Archibald, R. E. M., *Ibid.* 6, 1229—1236 (1972).
- [8] Hurlbert, S. H., *Ecology* 52, 577—586 (1971).