

数理统计法初步分析江汉平原 裸藻门植物的分布

施 之 新

(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

提 要

裸藻门植物在江汉平原分布的特点是: 分布广泛, 出现机率高, 达 96.4%; 用方差分析法, 检测各采集点浮游生物标本中裸藻门植物种类丰度在平原各地随机分布的差异程度, 其结果是无显著的区域性差异; 水体中裸藻门植物种类丰度的频数分布近似于一正态曲线, 这反映了大多数水体中裸藻类的种类丰度较大; 相同频数的种类数与其出现频数的相关性呈明显的幂函数关系, 显示了只有少数非常普生的裸藻门种类在区内广泛分布。

关键词 裸藻门, 江汉平原, 分布, 频数, 频数分布

江汉平原地处湖北省的中、南部, 是由长江及其最大支流汉水冲积而成的, 其地势平坦(海拔在 50m 左右), 土地肥沃, 湖泊众多, 沟塘密布, 水质酸碱度适中(采集时的 pH 为 7 左右), 气候温暖湿润, 属亚热带湿润季风气候, 采集时的气温在 20—35℃ 范围内, 平均为 27℃, 水温在 18.5—36℃ 范围内, 平均为 26℃。因此, 江汉平原是裸藻门植物滋生的良好区域。1983 年 5 月, 在平原的松滋、公安、沙市、江陵、潜江和沔阳(现改为仙桃市)等县市采集到不少的浮游生物标本(采集区域在东经 111.8°—113.4°, 北纬 30.0°—30.5° 范围内), 其中裸藻门植物相当丰富, 计有 13 属 173 种(包括变种和变型)。本文就该区采得的裸藻门植物, 应用数理统计方法对其分布特点进行初步的分析。

分布面广, 出现机率高

裸藻门植物大多喜生长于温暖肥沃的静止小水体中, 而江汉平原密布着这类小水体, 因此在平原的塘、池、坑等小水体中所采得的 56 个浮游生物标本号中, 仅 2 个标本号没有发现裸藻类, 其出现机率高达 96.4%。这充分反映了江汉平原的生态条件特别适宜于裸藻类的生长繁殖, 因而它们在区内的分布是相当广泛的(表 1)。

Tab. 1 Collecting localities and the euglenoids collected

[illegible]

续表 1

采集地 Locality		标本 Samples HP, No.	裸藻类种数 Euglenoid species number													
			E.	L.	Ph.	Tr.	Str.	C.	Asc.	Ast.	Rh.	Pet.	Per.	An.	En.	合计
潜江 Qianjiang	8507	3	1	1	4							1				10
	8508	4		1	2	1										8
	8511	5	1	2	2	3						1				14
	8513	4	2	1				1								8
	8514	5					1									6
	8515	3		3	1	1						1				9
沔阳 Mianyang	8516	10	1	10	1	8										30
	8517	2			1											3
	8518	3	1	3	1	3										11
	8519	8	2	3	3	2							1	1		20
	8520	10	1	5	2	6										24
	8521	1	1	4												6
	8522	4	3	10	1	3										21
	8523	3	1	1												5

注: 表中 E.=*Euglena* (裸藻属), L.=*Iepocinclis* (鳞孔藻属), Ph.=*Phacus* (扁裸藻属), Tr.=*Trachelomonas* (囊裸藻属), Str.=*Strombomonas* (陀螺藻属), C.=*Colacium* (柄裸藻属), Asc.=*Ascoglena* (壳裸藻属), Ast.=*Asiasia* (变胞藻属), Rh.=*Rhabdomonas* (杆胞藻属), Pet.=*Petalomonas* (瓣胞藻属), Per.=*Peranema* (袋鞭藻属), An.=*Anisonema* (异鞭藻属) En.=*Entosiphon* (内管藻属)

无明显的区域性差异

对区内各采集点浮游生物标本中裸藻门植物的种类丰度进行方差分析, 以检测它们在江汉平原各地随机分布的差异程度。其结果如下:

$$F = 1.01 < F_{0.05} = 2.41, df = (5, 48), p > 0.05$$

这表明各采集点之间无显著的差别(表 2)。另一方面, 各采集点裸藻类出现的机率比较均匀, 在 92—100% 范围内。这些都反映了江汉平原面积虽大, 但宏观生境对裸藻类而言, 是基本一致的。因此, 它们在平原内的分布非常均等, 无明显的区域性差异。与此相反, 在邻近的鄂西^[3]和湘西北的索溪峪^[4]等地区的裸藻类分布有着明显的区域性差异。

水体中裸藻类种类丰度的频数分布

在采集区内, 浮游生物标本中出现裸藻门植物种类丰度的频数分布特点是: 峰值基本上处于中间段(6—14 种), 并向二侧降低(图 1 中的直方格)。这种频数分布在正态概率纸上基本上呈直线趋势(成直线是正态分布的特征^[1], 图 2)。由计算可得出这个频数分布的均值 $\mu = 9.8$, 标准离差 $\sigma = 5.2$, 并按方程^[1,2,6]:

$$y = \left(\frac{N}{\sigma \sqrt{2\pi}} \right) e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{z}{\sigma} \right)^2} \quad (1)$$

可作出一正态分布曲线图(图 1), 方程中 y 为频数(下同); N 为总频数(下同); σ 为标准

表 2 浮游生物标本中裸藻类种类丰度的方差分析表

Tab. 2 Analytic table of variance for euglenoid species abundance in plankton samples

方差来源 Source of variation	平方和 S Sum of square	自由度 df Degree of freedom	均方 $\bar{S}$ Mean square	F 值
组 间 Between treatment	$S_1 = \sum_{j=1}^p n_{ij}(\bar{X}_j - \bar{A})^2 = 246.44$	$N_1 = 5$	$\bar{S}_1 = S_1/N_1 = 49.29$	$\bar{S}_1/\bar{S}_2 = 1.01$
组 内 Within treatment	$S_2 = \sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{X}_j)^2 = 2348.98$	$N_2 = 48$	$\bar{S}_2 = S_2/N_2 = 48.94$	
总 和 Total	$S_1 + S_2 = 2595.42$	$N_1 + N_2 = 53$		

F 检测: 查 F 分布表, 得 $F_{0.05} = 2.41$; $F < F_{0.05}$; 无显著差别

F test: look up the table of F distribution, $F_{0.05} = 2.41$; $F < F_{0.05}$; unmarked difference

注: 表中 P 为组数(以表 1 中一个采集点为一组, 共有 6 个采集点, $P \approx 6$), n_{ij} 为各组的浮游生物标本个数, $\bar{X}_j$ 为每组的平均种数, $\bar{A}$ 为总平均种数, x_{ij} 为每个浮游生物标本中的裸藻类种数。

In the table, P is numbers of group (since a collecting localities in tab. 1 is regarded as a group, $p \approx 6$), n_{ij} are numbers of plankton sample in every group, $\bar{X}_j$ are mean of euglenoid species numbers in every group, $\bar{A}$ is mean of euglenoid species numbers in whole collecting area, x_{ij} are euglenoid speceis numbers in every plankton sample

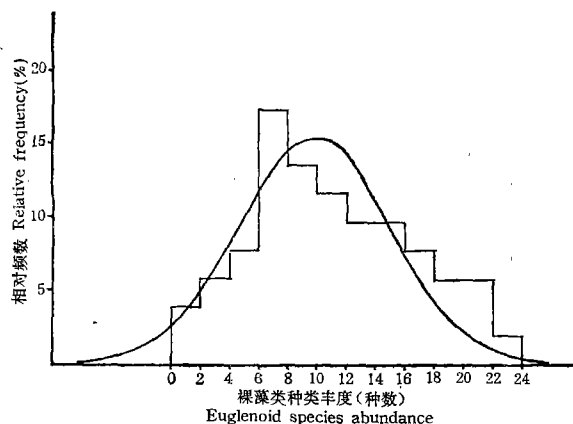


图 1 水体中裸藻类种类丰度(种数)的相对频数直方图及其正态分布曲线。正态分布中均值 $\mu = 9.8$, 标准离差 $\sigma = 5.2$

Fig. 1 Relative frequency histogram and normal distribution curve for euglenoid species abundance in the water body. In the normal distribution curve, $\mu = 9.8$ (mean), $\sigma = 5.2$ (standard deviation)

离差(下同); x 为离均差。但实际计算时按简化公式进行^[4]:

$$y = (N/s')z \quad (2)$$

式中 $s' = \sigma/\text{组距}$, z 可查表得出。

用式(1)或式(2)求出的正态曲线, 用 χ^2 法进行检测, 其结果如下:

$$\chi_{0.10}^2 = 6.251 < \chi^2 = 7.42 < \chi_{0.05}^2 = 7.815, \text{ df} = 3, 0.10 > P > 0.05,$$

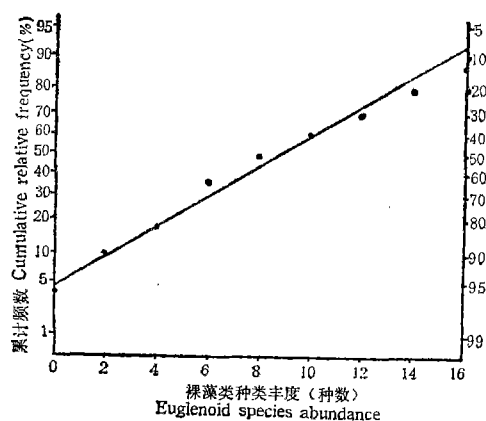


图2 水体中裸藻类种类丰度(种数)与累计频率在正态概率纸上的关系

Fig. 2 The relationship between euglenoid species abundance in the water body and cumulative relative frequency on the normal probability paper

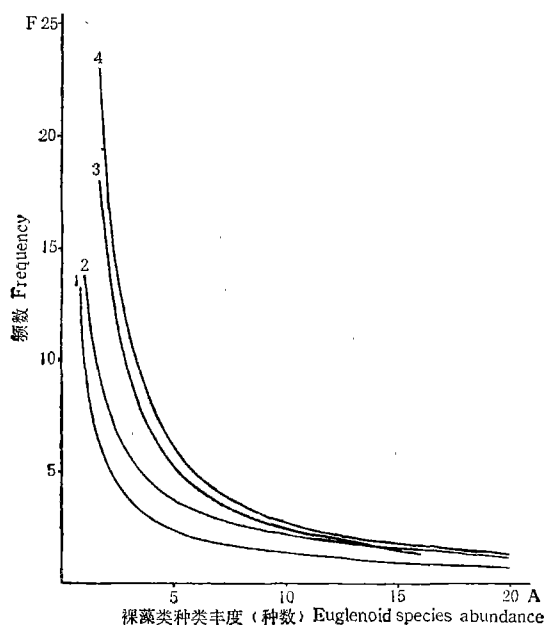


图3 其它地区水体中裸藻类种类丰度(A)的频数(F)分布曲线

Fig. 3 Curves of frequency (F) distribution for euglenoid species abundance (A) in the water bodies from other regions

1. 湘西北索溪峪 (Northwestern Hunan): $F = 9.986A^{-0.885}$ ($r = -0.819$, $n = 7$, $p < 0.05$);
2. 鄂西 (Western Hubei): $F = 14.418A^{-0.823}$ ($r = -0.765$, $n = 13$, $p < 0.01$);
3. 藏南 [Southern Xizang (Tibet)]: $F = 32.100A^{-1.123}$ ($r = -0.960$, $n = 7$, $p < 0.001$);
4. 藏东南 [Southeastern Xizang (Tibet)]: $F = 41.341A^{-1.192}$ ($r = -0.951$, $n = 11$, $p < 0.001$)

由此表明该正态曲线与该区浮游标本中裸藻类种类丰度的实际频数分布无显著的差别。

但是,对该频数分布的偏斜度 (g_1)^[2], 进行计算,得出:

$$g_1 = 0.4307 > 0$$

这说明它呈较明显的右偏分布。

江汉平原裸藻门植物种类丰度的频数分布近似于一正态曲线,这一特性明显地区别于裸藻类在鄂西、湘西北索溪峪、西藏南部以及西藏东南部的频数分布。在后几个地区,水体中裸藻种类丰度的频数分布特点是种类少的频数高,而且随着丰度的增加其频数迅速下降。用回归分析法^[1,2,6]可求出它们的频数分布曲线均基本上符合幂函数公式:

$$F = aA^{-b} \quad (3)$$

式中, F 为出现频数; A 为水体中裸藻类的种类丰度 (种数), a 和 b 为方程常数 (图 3)。

二种不同类型的频数分布,反映了裸藻类对不同自然条件适应性的差异。在江汉平原,它们生长繁殖比较旺盛,在水体中的丰度较高,多数在 6—14 种范围内;而在其它地区裸藻类在水体中的丰度很小,多在 1—2 (少数 4) 种范围内。这说明江汉平原的生态条件明显地优于其它地区。

相同频数的种类与其出现频数的关系

对区内采得的裸藻门植物,按相同的出现频数进行归类统计,发现出现频数少的种类多,而且随着出现频数的增加其种类数迅速下降,对其进行相关分析^[1,2,6],结果呈现出相当明显的幂函数关系,其相应的回归曲线见图 4, 回归方程为:

$$N = 70.600F^{-1.437} \quad (r = -0.961, n = 18, p < 0.001)$$

式中 N 为出现频数相同的种类数, F 为它们相应的出现频数 (下同)。

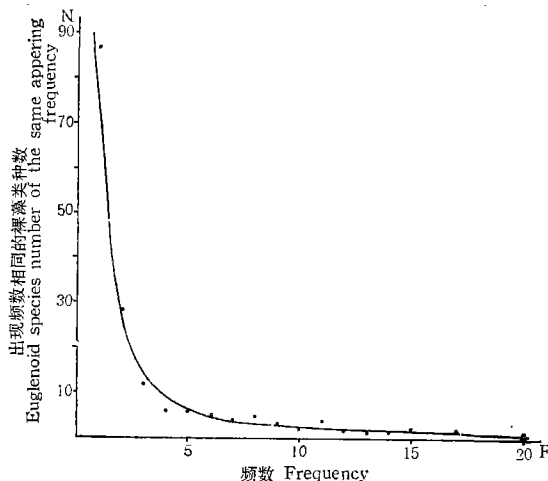


图 4 江汉平原出现频数相同的裸藻类种数 (N) 与其相应频数 (F) 的关系

Fig. 4 The relationship between euglenoid species number (N) and occurrence frequency (F) in the Jiangnan Plain

$$N = 70.600F^{-1.437} \quad (r = -0.961, n = 18, p < 0.001)$$

这种相关性,在沙市和沔阳这二个种类较多的采集点以及在几个种类较多的优势属中也反映得相当明显(图 5,6)。

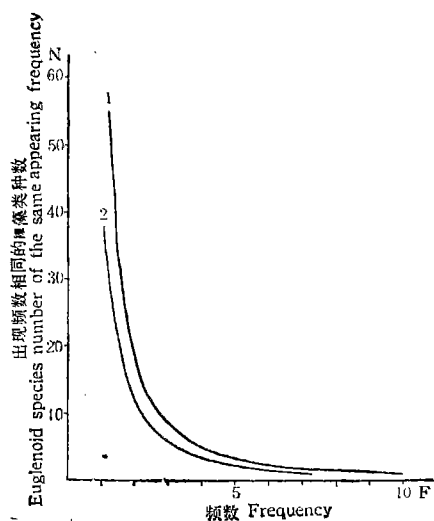


图 5 沙市及沔阳采集点出现频数相同的裸藻类种数 (N) 与其相应频数 (F) 的关系

Fig. 5 The relationship between euglenoid species number (N) and occurrence frequency (F) from various collecting localities

1.沙市 (Shashi): $N = 68.290F^{-1.905}$ ($r = -0.934$, $n = 9$, $p < 0.001$);

2.沔阳 (Mianyang): $N = 43.418F^{-1.822}$ ($r = -0.962$, $n = 7$, $p < 0.001$)

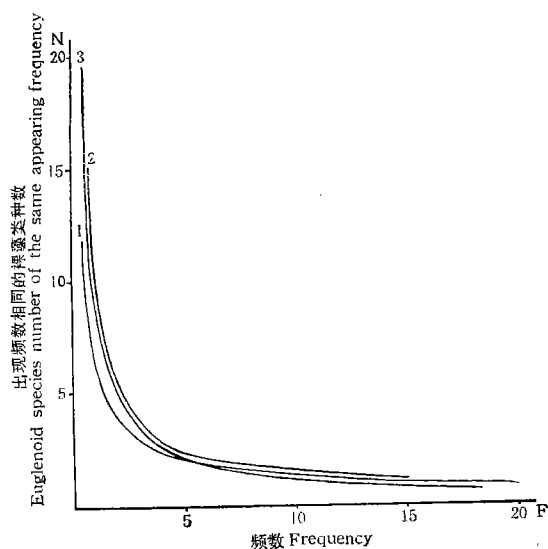


图 6 优势属中出现频数相同的种数 (N) 与其相应频数 (F) 的关系

Fig. 6 The relationship between species number (N) for the dominant genera and occurrence frequency (F)

1.裸藻属(*Euglena*): $N = 6.300F^{-0.697}$ ($r = -0.791$, $n = 14$, $p < 0.01$); 2.扁裸藻属(*Phacus*): $N = 10.386F^{-0.923}$ ($r = -0.895$, $n = 11$, $p < 0.01$); 3.囊裸藻属(*Trachelomonas*): $N = 10.170F^{-0.928}$ ($r = -0.823$, $n = 10$, $p < 0.01$)

这种相关性,反映了大多数裸藻门种类在区内的分布不是很广泛的,只有少数非常普生的裸藻门种类在区内广泛分布。

讨 论

本文讨论的只是江汉平原春末夏初裸藻门植物生长繁殖的一个高峰季节的分布状况,因此只能大体上反映了它们在该区繁殖高峰时的分布特征。对于不同季节和全年分布状况尚需作进一步的深入研究。

对该区域裸藻门植物的有些分布现象,最初用生态学中常见的二项分布、负二项分布及泊松分布原理进行分析比较,但均不符,因此只能采用回归分析法获得分布曲线,如幂函数曲线(图 3、4、5、6)。这是否与我们掌握裸藻类在各种生态环境中分布的资料和数据尚不丰富有关,所以待资料充足后,有必要对有些分布现象进行更全面的分析以获得更精确的解释。

目前对裸藻门植物常见性种和罕见种的区分,虽然也以一定的观察资料为依据,但是仍以感性经验的判断为主,缺乏严格的度量标准。对江汉平原采得的裸藻门植物,以出现频数的多少进行归类分析(图 4、5、6),发现出现频数少的种类占大多数,并且随着出现频数的增加其种类迅速下降,呈现出相当明显的幂函数相关性。根据这种相关性,以出现频数之多少为依据,对本区的裸藻类进行划分:出现频数超过 9 (相对频数 16.1%) 的为常见种(共 20 种);出现频数在 4—8 (相对频数 7.1—14.3%) 范围的为少见种(共 26 种),出现频数低于 3 (相对频数 5.4%) 的为偶见种(共 128 种)。这种以一定度量为标准的划分方法比单纯的经验判断要合理精确。当然,其“度量”的标准和范围是否完善有待深入研究。

关于裸藻类的分布都以直观的文字描述为主^[3,4,7-12],作者利用数理统计的原理,探讨裸藻门植物在江汉平原分布的特点,目的是为了能给论述的问题提供充实又精确的依据。在文中叙述的几个问题,基本上都是在数理统计分析方法的基础上得出的。虽然尚处在定性描述的水平,但其“量度”准则无疑要比单纯的直观文字描述要精确得多,这只是一种初步尝试,有必要在今后的研究中继续完善和提高。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院数学研究所统计组, 1979。常用数理统计方法。科学出版社。
- [2] 杜荣骞, 1985。生物统计学。高等教育出版社。
- [3] 施之新, 1988。鄂西地区裸藻的初步研究。水生生物学报, 12(2): 169—179。
- [4] 施之新, 1989。索溪峪裸藻的研究, 载于黎尚豪主编: “湖南武陵源自然保护区水生生物”, 61—67 页, 科学出版社。
- [5] 饶钦止, 1964。西藏南部地区的藻类。海洋与湖沼, 6(2): 169—189。
- [6] 郭祖超等, 1964。医用数理统计方法。人民卫生出版社。
- [7] Gerrath, J. F. & P. Denny, 1979. Freshwater algae of Sierra Leone, 1. Euglenophyta. *Nova Hedwigia*, 31: 525—565.
- [8] Huber-Pestalozzi, G., 1955. Euglenophyceae, in “Das Phytoplankton des Süßwassers, Teil 4”. pp. 1—606. Stuttgart.
- [9] Lemmermann, E., 1913. Engleninae, Süßwasserflora Deutschland, Österreichs und der Schweiz. G. Fisher, pp. 115—174. Jena.

- [10] Prescott, G. W., 1951. Algae of the western great lake area. Chanbrook Institute of Science.
 [11] Skuja, H., 1939. Beitrag zur Algenflora Lettlands. II. *Acta Horti Bot. Univ. Latviensis*, **11**: 12:41—169.
 [12] Starmach, K., 1983. Euglenophyta. pp. 5—590. Warszawa.

A PRELIMINARY STATISTICAL ANALYSIS ON DISTRIBUTION OF EUGLENOPHYTA IN THE JIANGHAN PLAIN HUBEI. CHINA

Shi Zhixin

(*Institute of Hydrobiology, Academia Sinica, Wuhan 430072*)

Abstract

The distribution characteristics of Euglenophyta in the Jianghan Plain are summarized as follows:

1. The euglenoid distribution is extensive and the probability of euglenoid appearance is as high as 96.4%.

2. Analysis of variance showed no significant differences in euglenoid species abundance in the plankton samples collected from different localities [$F = 1.01 < F_{0.05} = 2.41$, $df = (5, 48)$, $p > 0.05$].

3. The frequency distribution of euglenoid species abundance in water bodies is similar to a normal distribution (mean: $\mu = 9.8$; standard deviation: $\sigma = 5.2$; χ^2 test: $0.10 > P > 0.05$, $df = 3$). The euglenoid species number in most water bodies falls within range 6—14.

4. The relationship between the euglenoid species number (N) and occurrence frequency (F) can be described by a power function:

$$N = 70.600F^{-1.437} \quad (r = -0.961, n = 18, p < 0.001)$$

This relationship suggests that only a small number of common species have wide distributions in the Jianghan Plain.

Key words Euglenophyta, Jianghan Plain, Distribution, Frequency, Frequency distribution