

武昌东湖软体动物的 生态分布及种群密度

陈其羽 梁彦龄 宋贵保* 王士达

(湖北省水生生物研究所)

提 要

本文报道1963年4—5月和10—11月两度在东湖101个采样点上进行软体动物定量采集的结果。

软体动物计41种,隶10科、20属,其中腹足类的种类多,生物量也大,瓣鳃类则全系小型种类[主要为河蚬(*Corbicula fluminea*)],个体数及生物量都很低。根据10—11月的调查结果,全湖软体动物平均生物量为30.5克/平方米(平均个体数为134个/平方米),其中以铜锈环稜螺(*Bellamya aeruginosa*)生物量最大(15.5克),其次为纹沼螺(*Parafossarudus striatulus*)(5.8克)和长角涵螺(*Alocinma longicornis*)(6.4克),这3种腹足类占全部软体动物生物量的90%以上,是东湖中的优势种类。它们的分布型式属大小不等的核心分布,其实际分布概率,符合P-E分布的理论概率。

环境分析表明铜锈环稜螺的分布主要取决于水深($r = -0.257$; $d.f. = 99$; $p < 0.01$);长角涵螺数量的多寡受制于水草的有无(均数比较: $d.f. = 99$ 时, $t' = 7.656$; $t_{0.01} \approx 2.641$);而纹沼螺的分布则与水深有关($r = -0.697$; $d.f. = 99$; $p < 0.01$),又与水草的有无有关(平均数比较: $d.f. = 99$ 时, $t' = 6.93$; $t_{0.01} \approx 2.641$)。

前 言

我们于1963年在武昌东湖进行了软体动物定量的研究工作,获得该类动物在数量分布及环境关系等方面的若干资料¹⁾。这些资料对于了解浅水湖泊中软体动物的生态学特点有其价值,对于今后开展该类动物生产力问题的研究,也将有所帮助。

一、水域环境条件及工作方法

东湖是长江中游冲积地区的一个小型浅水湖泊。地处东经112°32'—113°47',北纬30°31'—30°36'之间。按海拔20.50米水位计算,面积为41,850市亩(27.889平方公里)。水位周年变动不大。平均水深为2.2米,最深处达4.5米。水温²⁾最高在8月(平均为29℃),最低在1月(4.5℃)。湖底底质以腐泥、软泥、粘土和砂为主,尤以腐泥和软泥所占湖底面积最大。水草在东湖的大部分地区(除“郭郑湖”中部及个别部位)生长茂密。主要种类计有黄丝草(*Potamogeton Maackianus*)、马来眼子菜(*P. malaianus*)、菹草(*P. crispus*)、金鱼藻(*Ceratophyllum demersum*)、聚草(*Myriophyllum spicatum*)、黑藻(*Hydrilla*

1974年1月10日收到。* 已调离水生所

1) 摘要见《中国动物学会三十周年学术讨论会论文摘要汇编》第96—97页,科学出版社(1965)。

2) 省水利厅南望山蒸发实验站1963年资料。

verticillata)、苦草 (*Vallisneria spiralis*)、大茨藻 (*Najas major*) 和小茨藻 (*N. minor*), 其中又以黄丝草生物量最大, 占全湖水草总量的 38.17%^[4]。湖湾部分则丛生莲 (*Nelumbo nucifera*) 和菰 (*Zizania latifolia*) 等挺水植物。

根据上述环境条件, 我们在整个湖区选定 34 个断面计 101 点进行了二次软体动物定量采集工作(图 1)。第一次是在 1963 年 4 月 2 日至 5 月 28 日; 第二次是在同年 10 月 24 日至 11 月 14 日。采集工具是面积为 1/7 平方米的带网(网目 1 毫米)铁铤, 铁铤采得样品后, 先连网放在水中剧烈涤荡以洗去样品中的大量泥污, 然后将软体动物逐一检出保存于 80% 酒精中。在进行定量采集的同时, 我们还注意收集软体动物的定性标本, 对于主要的生态条件也进行了记录。实验室内的整理工作, 除计算软体动物个体数外, 并用称量为 10 克的戥子或 100 毫克的扭力天秤称其湿重, 从而获得有关生物量的数据。

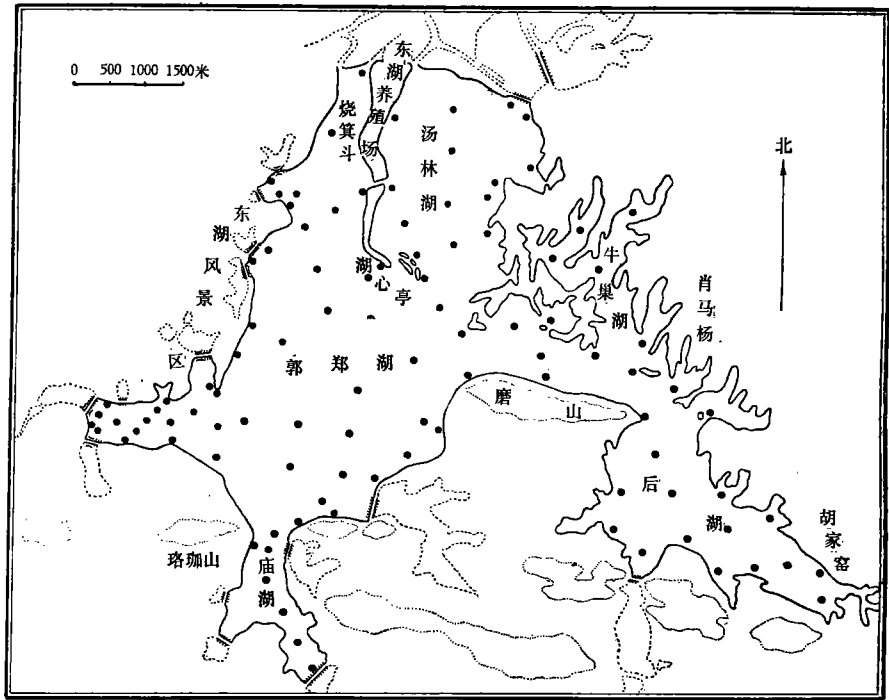


图 1 东湖软体动物采集点分布图
(●为采集点)

二、结果及分析

(一) 种类

所采集到的东湖软体动物计 41 种, 隶于 10 科 20 属(表 1)。这些种类与目前已知的长江中下游浅水湖泊中的软体动物种类没有什么显著的差别^[1,2,3,5]。

表 1 东湖软体动物名录

腹足纲 Gastropoda	狭萝卜螺 <i>Radix lagotis</i> (Schränk, 1803)
椎实螺科 Limnaeidae	克氏萝卜螺 <i>Radix clessini</i> (Neumayer, 1898)
长萝卜螺 <i>Radix pergeri</i> (Müller, 1774)	折迭萝卜螺 <i>Radix plicatula</i> (Benson, 1842)

如 $\Sigma(x - \bar{x})^2/\bar{x}(n - 1) = 1$, 则表明其分布符合 Poisson 分布, 亦即其分布是随机的; 假如比值显著 > 1 则属于核心分布, 其 5% 界限为 $2\sqrt{2n/(n - 1)^{2[10,12]}}$ 。现将三个优势种的 $\Sigma(x - \bar{x})^2/\bar{x}(n - 1)$ 数值列于表 2。

从表 2 可以看出: 不论在 4—5 或 10—11 月间, 所计算出的数值都显著大于 1。因此, 可以认为东湖软体动物的分布是核心状态的。

我们还希望更进一步了解其核心分布究竟属于那一种性质, 因此, 又将 4—5 月间的样品数据进行了几种核心分布(Neyman 分布, Polya-Eggenberger 分布, 嵌纹分布)^[7]适合性的测验, 证明优势种种群的结构都呈现大小不等的核心分布, 其实际分布概率, 符合 P-E 分布的理论概率(表 3, 4, 5)。

表 3 长角涵螺 的 分 布

每样品中的个体数	实际频数	理论频数 (P-E 分布)	每样品中的个体数	实际频数	理论频数 (P-E 分布)
0	56	64.44	3	3	22.51
1	14	8.96	4	4	
2	7	5.09	5+	17	
$x^2 = 4.75$					$p > 0.05$

表 4 纹 沼 螺 的 分 布

每样品中的个体数	实际频数	理论频数 (P-E 分布)	每样品中的个体数	实际频数	理论频数 (P-E 分布)
0	71	74.84	2	5	3.88
1	7	5.19	3+	18	17.09
$x^2 = 1.636$					$p > 0.05$

表 5 铜 锈 环 稜 螺 的 分 布

每样品中的个体数	实际频数	理论频数 (P-E 分布)	每样品中的个体数	实际频数	理论频数 (P-E 分布)
0	85	86.05	2+	9	9.11
1	7	5.84	$x^2 = 0.245$ $p > 0.05$		

关于上述三种螺类在 10—11 月间的分布型式, 我们也进行了测验。发现除环稜螺的分布仍然符合 P-E 分布 ($\rho^2 > 0.05$) 外, 其他两种螺类的分布则不适合这几种典型的分布型式。Allee 等氏^[9]曾指出: 动物的分布式样, 视种内丰度、密度以及其他物理的和生物的因素而将出现差异。因此, 在考虑种群的分布型式以及进行单位面积内生物量的计算时, 分析环境因素对软体动物的影响是十分必要的。上述两种螺类分布形式的改变, 从后文中关于环境分析的结果来看, 与水草的繁盛和分布有着重要的联系。

(三) 环境分析

在进行环境分析时, 我们着重分析了水深、底质(腐泥、软泥、粘土和砂)和水草对于几种优势种类(长角涵螺、纹沼螺和铜锈环稜螺)的影响。食物条件无疑是重要的, 但我们目前尚缺乏这方面的资料。

用于进行环境分析的资料,底质方面系采用1963年4—5月间收集到的样品的有关数据,因当时曾专门进行底质调查^[8],水草和水深则采用同年10—11月间收集到的样品的有关数据。

表6至表14列举了在不同环境条件下,每个单位采集面积(1/7平方米)中优势种类数量变异的分析结果。由于方差出现间杂性,故在进行方差分析时变数均经过 $\sqrt{x+1}$ 代换,进行均数比较时则采用近似方法^[6]。

表6 优势种在每个样品中的个体数与水深的相关系数
(自由度:99)

种 名	相关系数 (r)	概 率 (p)
长 角 涵 螺	-0.123	>0.05
纹 沼 螺	-0.697	<0.01
铜 锈 环 稜 螺	-0.257	<0.01

表7 长角涵螺数量在不同底质中的方差分析

变异来源	自 由 度	离均差平方和	均 方
总 变 异	35	32.316	
组间变异	3	4.143	1.381
组内变异	32	28.173	0.880
$F = 1.569$		$F_{0.05} = 2.90$	

表8 纹沼螺数量在不同底质中的方差分析

变异来源	自 由 度	离均差平方和	均 方
总 变 异	35	93.942	
组间变异	3	18.352	6.117
组内变异	32	75.590	2.362
$F = 2.690$		$F_{0.05} = 2.90$	

表9 铜锈环稜螺数量在不同底质中(水深在3米以内的湖区)的方差分析

变异来源	自 由 度	离均差平方和	均 方
总 变 异	53	96.527	
组间变异	3	55.045	18.348
组内变异	50	41.482	0.830
$F = 22.106$		$F_{0.05} = 2.79$	

就上列几种环境条件而论,可以看出,对于不同种类的软体动物,其种群密度与某些环境因素有显著的关系。长角涵螺的数量分布与水草数量的关系最为密切(表10),但对

表10 长角涵螺个体数在有水草与无水草地区均数的比较

采样环境	采 样 数	自 由 度	$t_{.05}$	均 数	S^2	$S^2_{\bar{x}} = S^2/N$
有 草 区	67	66	1.99	93.60	8893.13	132.733
无 草 区	34	33	2.03	5.10	27.30	0.803
		99		差 88.50		$S^2_{\bar{x}_1} - \bar{x}_2 = 133.536$

$$S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = 11.56$$

$$t' = 7.656$$

$$1\% \text{ 界} = 2.641$$

表11 纹沼螺个体数在有水草与无水草地区均数的比较

采样环境	采 样 数	自 由 度	$t_{.05}$	均 数	S^2	$S^2_{\bar{x}} = S^2/N$
有 草 区	67	66	1.99	73.36	6784.30	101.26
无 草 区	34	33	2.03	2.47	118.45	3.48
		99		差 70.89		$S^2_{\bar{x}_1} - \bar{x}_2 = 104.74$

$$S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = 10.23$$

$$t' = 6.93$$

$$1\% \text{ 界} = 2.641$$

于水草的种类则似乎没有选择性(表 13)。纹沼螺的数量分布与水的深度和水草的有无有关(表 6, 11), 至于铜锈环稜螺则受水深和底质两个因素的制约(表 6, 9)。铜锈环稜螺在不同底质中每平方米个体数的均数为软泥: 14.3; 腐泥: 5.9; 粘土: 0.9; 砂: 168.0, 可见这种螺类主要生活于含砂的湖底。

表 12 铜锈环稜螺个体数在有水草与无水草地区均数的比较

采样环境	采样数	自由度	t.05	均 数	S ²	S ² $\bar{x} = S^2/N$
有 草 区	67	66	1.99	18.78	4248.56	63.41
无 草 区	34	33	2.03	4.12	468.42	13.78
		99		差 14.66		S ² $\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 77.19$

$$S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = 8.78 \qquad t' = 1.67$$

$$5\% \text{ 界} = 1.997$$

表 13 长角涵螺数量在不同植物群丛(黄丝草群丛、马来眼子菜群丛和莲群丛)区域内的方差分析

变异来源	自 由 度	离均差平方和	均 方
总 变 异	55	217.555	
组间变异	2	0.926	0.463
组内变异	53	216.629	4.087

表 14 纹沼螺数量在不同植物群丛(同上表)区域内的方差分析

变异来源	自 由 度	离均差平方和	均 方
总 变 异	55	165.397	
组间变异	2	15.537	7.769
组内变异	53	149.860	2.828

$$F = 2.747 \qquad F_{0.05} = 3.03$$

(四) 种群密度

通过环境分析,我们初步认识了影响优势种类数量分布的主导因素。因此,在估计种群密度时,我们首先根据两次采集结果求得各优势种在主导环境条件下的平均个体数及生物量,然后以主导环境所占面积与全湖面积之比作为加权系数,求其加权均数,从理论上说,它可以代表东湖软体动物在调查期间的现存量(standing crop)。

各优势种在不同环境中的个体数和生物量见表 15—17。

表 15 有水草和无水草地区所占面积及长角涵螺在各地的平均个体数和生物量

环 境 特 点	有 草 区		无 草 区	
面 积 (公里 ²)	18.089		9.8	
调 查 时 期 (1963)	4—5 月	10—11 月	4—5 月	10—11 月
平均个体数 (个/米 ²)	26.1	95.0	6.8	4.9
平均生物量 (克/米 ²)	2.7	9.5	0.8	0.5

表 16 不同水深及水草生长地区所占面积及纹沼螺在各区域内的平均个体数和生物量

环 境 特 点	3 米 以 内 的 湖 区				超 过 3 米 的 湖 区			
	有 草 区		无 草 区		有 草 区		无 草 区	
面 积 (公里 ²)	13.23		0.17		4.689		9.8	
调 查 时 期 (1963)	4—5 月	10—11 月	4—5 月	10—11 月	4—5 月	10—11 月	4—5 月	10—11 月
平均个体数 (个/米 ²)	32.4	90.2	0	0	0	30.8	0	3.0
平均生物量 (克/米 ²)	3.4	10.7	0	0	0	3.1	0	0.7

表 17 不同水深和底质地区所占面积及铜锈环稜螺在各区域内的平均个体数和生物量

环 境 特 点	3 米 以 内 的 湖 区				超 过 3 米 的 湖 区	
	砂 质 土 壤		其 他			
面 积 (公里 ²)	0.9		12.5		14.489	
调 查 时 期 (1963)	4—5 月	10—11 月	4—5 月	10—11 月	4—5 月	10—11 月
平均个体数 (个/米 ²)	39.6	168.0	2.3	7.0	0	0
平均生物量 (克/米 ²)	52.1	264.7	5.8	15.8	0	0

除上述优势种外,我们对其他螺类及瓣鳃类也曾根据不同环境条件(肺螺类根据水草的有无;瓣鳃类及其他前鳃类根据水深)求出平均个体数和生物量。

根据上述结果求得的加权均数见表 18。

表 18 4—5 月及 10—11 月东湖每平方米面积内软体动物的现存量及百分比

种	类	长角涵螺	纹 沼 螺	铜锈环稜螺	其他腹足类	瓣 鳃 类	合 计
1963 年 4—5 月	个 体 数	19.3	15.4	2.3	6.3	0.6	43.9
	占总个体数的 %	43.9	35.1	5.2	14.4	1.4	100
	生 物 量(克)	2.1	1.6	3.2	1.0	0.8	8.7
	占总生物量的 %	24.1	18.4	36.8	11.5	9.2	100
1963 年 10—11 月	个 体 数	63.3	49.0	8.6	12.6	0.2	133.7
	占总个体数的 %	47.3	36.7	6.4	9.4	0.2	100
	生 物 量(克)	6.4	5.8	15.5	1.6	1.2	30.5
	占总生物量的 %	21.0	19.0	50.8	5.3	3.9	100

从上表可以看出: 4—5 月间东湖每平方米湖底有软体动物 43.9 个,重 8.7 克,合每亩 5.8 公斤(每公顷 87 公斤),其中,三种优势种类占总量 79% 左右; 10—11 月间上升至每平方米 133.7 个,重 30.5 克,合每亩 20.3 公斤(每公顷 304.5 公斤),其中,优势种占 91% 左右。

三、结 论

根据定量调查的结果及分析,我们对东湖软体动物的分布、种群密度等作出初步结论如下:

1. 分布东湖的软体动物以腹足类为主,瓣鳃类只占很小的比重,而螺类中又以长角涵螺、纹沼螺和铜锈环稜螺为最重要,这些腹足类的现存量与所有软体动物现存量之比,在春季为 79%,秋季为 91%。因此,在研究东湖软体动物的生态特点及估计其产量时,应首先注视这几种螺类。

2. 东湖软体动物优势种在整个水域中的种群分布情况,就调查结果而论,决不是均匀的,而是核心分布的。

3. 东湖各局部地区环境条件的不同使软体动物的种群密度出现差异。从对于环境条件与软体动物的数量关系的分析中可以看出: 水草对于长角涵螺; 水草和水深对于纹沼螺; 水深和底质对于铜锈环稜螺的种群数量的大小是十分重要的因素。根据这样的结果

使我们能够理解东湖各组成部分中优势种软体动物分布的若干事实,即:东湖北部的“烧箕斗”和“汤林湖”两个地区盛产长角涵螺和纹沼螺,因为该地区密布水草,而湖水一般又较浅;南部的“庙湖”及“郭郑湖”(东湖的主体)西岸多有环稜螺分布,因为该地区的湖底多属砂质土壤,湖水又浅。此外,东湖软体动物产量一般地说并不高,除因缺乏大型蚌类外,与优势种类的分布也有关系,因为东湖约有 52% 的地区水深超过 3 米,而且其中有些地区(如郭郑湖)又缺乏水草。这类地区优势种类的数量很小,有些甚至是空白地带。因此,环境分析是正确地理解动物种群动态的十分重要的手段之一。

4. 1963 年东湖的软体动物生物量,在春季为 5.8 公斤/亩,全湖约 242.7 吨;秋季为 20.3 公斤/亩,全湖约 849.6 吨。

参 考 文 献

- [1] 伍献文, 1956. 湖底动物(饶钦止等, 湖泊调查基本知识 197—216 页)。科学出版社。
- [2] 刘建康, 1959. 梁子湖的自然环境及其渔业资源问题。太平洋西部渔业研究委员会第二次全体会议论文集: 52—64。
- [3] 陈其羽, 1965. 湖北省花马湖软体动物的调查报告(手稿)。
- [4] 陈洪达等, 1974. 武昌东湖水生维管束植物的生物量及其在渔业上的合理利用问题。本刊, 本期。
- [5] 郎所等, 1959. 东太湖底栖动物调查报告。华东师范大学生物学系, 东太湖水生生物调查报告, 43—56 页。
- [6] 郭祖超等, 1963. 医用数理统计方法。人民卫生出版社。
- [7] 郭祥光, 1963. 昆虫生态学的常用数学分析方法。农业出版社。
- [8] 龚伦杰等, 1965. 武昌东湖底质的类型及其分布。海洋与湖沼, 7 (2): 181—194。
- [9] Allee, W. C., A. E., Emerson O. Park, T. Park & K. P. Schmidt, 1949. Principles of animal ecology. W. B. Saunders, Philadelphia.
- [10] Andrewartha, H. G. & L. C. Birch, 1954. The distribution and abundance of animals. University of Chicago Press, Chicago.
- [11] Odum, E. P., 1962. Fundamentals of ecology (2nd edit.). W. B. Saunders, Philadelphia.
- [12] Salt, G. & F. S. J. Hollick, 1946. Studies of wireworm population. II. Spatial distribution. *J. Exper. Biol.*, 23:1—46.

ON ECOLOGICAL DISTRIBUTIONS AND POPULATION DENSITIES OF MOLLUSCA IN LAKE TUNG-HU, WUCHANG

CHEN CHIH-YU, LIANG YAN-LIN, SUNG KUEI-PAO AND WANG SHIH-TA

(Institute of Hydrobiology, Hupei)

ABSTRACT

By analysing the data of mollusca from quantitative samples taken by a 1/7 M² hand-grab from 101 sampling positions randomly distributed in Lake Tung-hu during March-April and October-November 1963, preliminary results concerning some ecological aspects of Mollusca in this shallow lake were obtained. They may be summarized as follows:

(1) The most abundant forms of Mollusca are the gastropods, among which *Alocinma longicornis*, *Parafossarulus striatulus* and *Bellamya aeruginosa* are predominant. They represented 79% of total molluscan biomass in spring and 91% in autumn.

(2) The population structures of predominant species exhibit a definite patchiness. The values of $\Sigma(\bar{x} - \bar{x})^2/x(n-1)$ as computed from the data of three predominant gastropods were all significantly greater than unity.

(3) The distributions of population densities of predominant species are correlated with certain environmental factors. It was found that *A. longicornis* and *P. striatulus* were more abundant in localities where aquatic vascular plants were present while *B. aeruginosa* was plenteous upon sandy bottom. The numerical distributions of *P. striatulus* and *B. aeruginosa* were also shown to be correlated with the water depth.

(4) The standing crop of Mollusca as a whole in the lake during 1963 was 8.7 g. per M² (ca. 243 metric tons in whole lake) in spring and 30.5 g. per M² (ca. 850 metric tons in whole lake) in autumn.