

上海淀山湖浮游桡足类群落组成与 季节变动研究

赖 伟 李逸平* 堵南山
(华东师范大学生物学系, 上海)

提 要

本文报道了 1984 年 2 月至 1985 年 2 月上海淀山湖浮游桡足类的群落及优势种数量季节变动的调查结果。在淀山湖共获得 11 种浮游桡足类, 隶属 2 目 5 科 10 属; 根据各种类出现的月份, 可以把这 11 种桡足类划分成 4 种类型, 终年出现型、夏秋季型、冬春季型和畏严冬型; 在湖泊敞水区的浮游桡足类, 年数量变动曲线有春季、夏季以及秋季三次高峰, 秋季高峰比春季、夏季高峰更突出, 持续时间约两个月; 中华窄腹剑水蚤、汤匙华哲水蚤、广布中剑水蚤和近邻剑水蚤这 4 个优势种制约了桡足类群落总数量的季节消长。

浮游桡足类生物量的季节变动有 4 次高峰, 春季及秋季高峰出现时间迟于总数量高峰, 其原因是数量高峰期桡足类群落中含有约 80—90% 的幼体, 幼体成长之后方能达到生物量高峰期。

本文还就影响浮游桡足类群落数量、生物量的生态因子作了初步的讨论。

关键词 浮游桡足类、生物量、优势种、淀山湖

淀山湖(图 1)位于上海市、浙江及江苏三省一市的交界处, 面积为 62 平方公里。平均水深 2.1 米, 最深 3.8 米, 月平均水位在 2.3—2.7 米间。进出水河流有 40 余条, 太湖来水占 85%。进水为 51.95 立方米/秒, 出水为 50.62 立方米/秒。更替期约为 30 天。它提供黄浦江水源的 17%。因此, 对上海经济、社会发展具有重大的影响, 是一个“承上启下”的重要枢纽水体。研究淀山湖浮游生物资源, 对于开发、利用、改造淀山湖, 对于合理利用黄浦江水资源、保护水质, 都具有重要意义。

材 料 与 方 法

在淀山湖敞水区设立 3 个固定采样点(图 1)。其中 1 号站在湖泊进水河急水港东南约 3 公里处, 进水量占全部进水量的 35%; 2 号站在占出水量 4% 的淀浦河西南约 1 公里处; 3 号站在占湖泊出水量 71% 的拦路港西 1 公里处。自 1984 年 2 月下旬至 1985 年 2 月下旬, 每月两次分别在水面下 0.5 米处及湖底以上 0.5 米处采取等量混合水样, 作为定

* 李逸平现工作于上海中国纺织大学环境治理工程教研室。
1986 年 6 月 4 日收到。

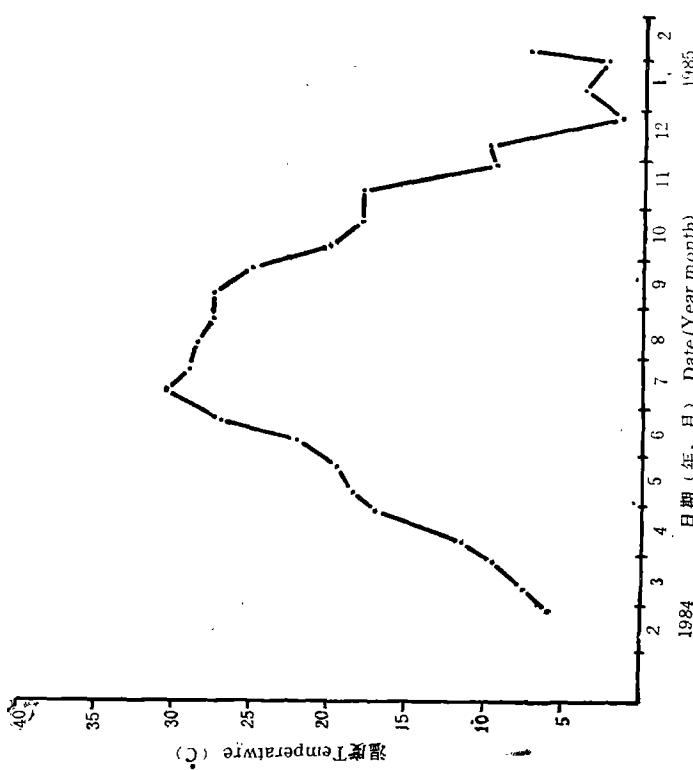


图 2 淀山湖水温变化 (1984 年 2 月—1985 年 2 月)

Fig. 2 The water temperature of Lake Dian-Shan during the period from February 1984 to February 1985

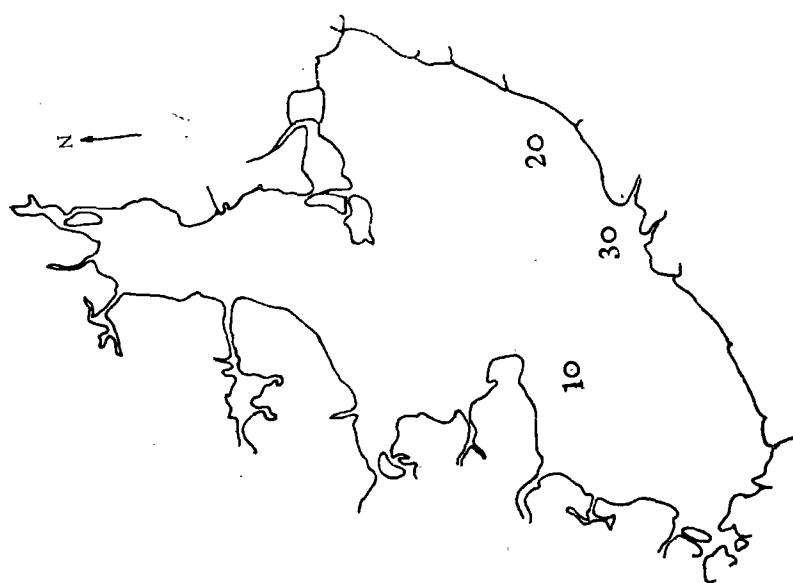


图 1 上海淀山湖
Fig. 1 Lake Dian-shan Shanghai

量样品,12.5个月内,共获75号。除了3个固定点外,还在敞水区的其它水域,作定点、错开时间进行交替定性采集,拟为鉴定种类及定量分析时参考,在有些河汊内,也采集了定性标本,又获得85号。采取时间一般都在上午9时至12时。淀山湖周围地势低平、湖荡多,风力较市区大。冬季为较恒定的偏北风,加速了进水流速;夏季以偏南风为主,与偏北风作用相反。淀山湖周围工厂排出的酸、碱废水,在污染源5公里范围内,测得pH值最低为2.10,高为12.70,为便于分析标本时参考,也测量了采样点的pH,其范围在7.2—7.8。

表1 淀山湖桡足类的种类及其分布和出现月份 (1984.2.—1985.2.)
 Table 1 Regional and seasonal distribution of copepods in Lake Dian-Shan.

间。淀山湖敞水区全年水温变动在 1.5—30.5℃ 范围内, 图 2 是 3 个采样点水温平均值周年变化曲线, 对桡足类的群落影响最大。

表 2 淀山湖桡足类全年幼体占总数量百分比的月变化
Table 2 Monthly variation in percentage composition of larvae to total number of copepods in Lake Dian-Shan.

Date	桡足类幼体数量(个/升) Total numbers of larvae of copepoda (ind./L)	桡足类群落总数量(个/升) Total numbers of copepoda of community (ind./L)	幼体占群落总数量的比例(%) Ratio for larvae to total numbers (%)
84.2.26	13.7	17	80.59
84.3.11	37.4	39	95.90
84.3.27	79.9	87	91.84
84.4.8	44.5	49	90.82
84.4.27	16.6	25	66.40
84.5.8	17.5	18	97.22
84.5.25	25.5	26	98.08
84.6.10	27	42	64.29
84.6.22	42	68	61.76
84.7.11	141	169	83.43
84.7.25	109.5	130	84.23
84.8.10	48.5	62	78.23
84.8.25	25	30	83.33
84.9.9	188	206	91.26
84.9.25	289	353	81.87
84.10.8	305	340	89.71
84.10.23	242.5	297	81.65
84.11.11	137	195	70.26
84.11.27	75.5	116	65.09
84.12.9	37.4	63	59.37
84.12.27	20	37	54.05
85.1.3	4.9	11	44.55
85.1.3	8	15	53.33
85.2.6	14.7	21	70.00

定量样品以自制 1 升采水瓶采集, 鲁哥氏液固定后, 在筒形分液漏斗内沉淀浓缩。定性样品以 25 号筛绢制成的浮游生物网在水表面拖捕 10 分钟、现场以福尔马林固定。样品均带回实验室鉴定和计数; 生物量以陈雪梅(1981)的体长-干重关系方程计算获得^[3]。所获三点各类平均数据绝大多数都输入 B-21 型 16 位高级微机(美国 BURROUGHS 公司制造)进行处理; 大部分图都由 PDP-11/23 型微机连接 SR-6602 绘图仪绘制。

结 果

(一) 淀山湖桡足类的群落组成

标本镜检后, 共获得 11 种浮游桡足类, 隶属 2 目 5 科 10 属, 其中哲水蚤 7 种, 剑水蚤 4 种(表 1)。

按照各个种类的出现月份,可以把淀山湖的桡足类归成4种类型。

(1) 终年出现型 (Year-round type) 有中华窄腹剑水蚤 (*Limnoithona sinensis*)、汤匙华哲水蚤 (*Sinocalanus dorrii*) 以及球状许水蚤 (*Schmackeria forbesi*) 3种; 球状许水蚤在2月份样品中未检出。

(2) 夏秋季型 (Summer-autumn type) 主要是广布中剑水蚤 (*Mesocyclops leuckartii*)、右突新镖水蚤 (*Neodiaptomus schmackeri*)、长江新镖水蚤 (*Neodiaptomus yangtsekiangensis*) 和大型中镖水蚤 (*Neodiaptomus sarsi*), 其中广布中剑水蚤在春末5月就出现了, 到初冬12月也还有其踪迹, 但数量极少, 休眠期长达4个月余。

(3) 冬春季型 (Winter-spring type) 仅近邻剑水蚤 (*Cyclops vicinus vicinus*) 一种, 在中秋时节它就开始出现了, 不过当时为数很少。

(4) 畏严冬型 (Disappearing in severe-winter type) 仅指状许水蚤 (*Schmackeria inopinus*) 一种, 全年中在淀山湖水温最低时期的1—2月份不出现。

此外, 尚有比较特殊的两个种, 锯缘真剑水蚤 (*Eucyclops serrulatus*) 仅在河汊及沿岸带发现; 特异荡镖水蚤 (*Neutrodiaptomus incongruens*) 偶有发现, 数量极少。

(二) 桡足类数量的季节变动

淀山湖敞水区桡足类采样点均值的数量变动具有显著的季节性, 1984年2月至1985年2月周年内出现3次数量高峰(图3)。第一次发生在春季的3月底, 数量密度为87个/升; 第二次发生在夏季的7月上旬, 为169个/升; 第三次出现在秋季的9月下旬, 密度为353个/升。全年桡足类数量的最低期发生在冬季的1月上旬, 仅有11个/升。将桡足类数量变动曲线经过计算机处理, 获得一条拟合曲线(图4), 把该线分为5部分, 它们的

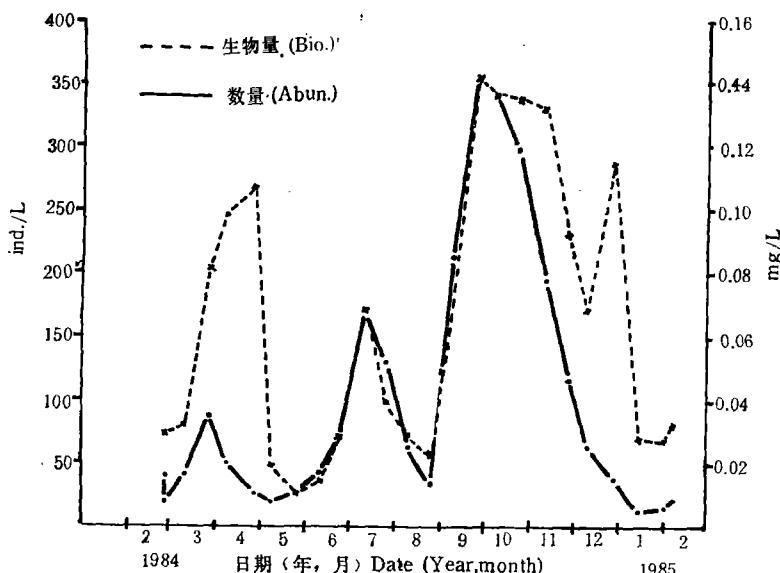


图3 淀山湖桡足类生物量和数量季节变化

Fig. 3 Seasonal abundance & biomass of copepoda in Lake Dian-shan

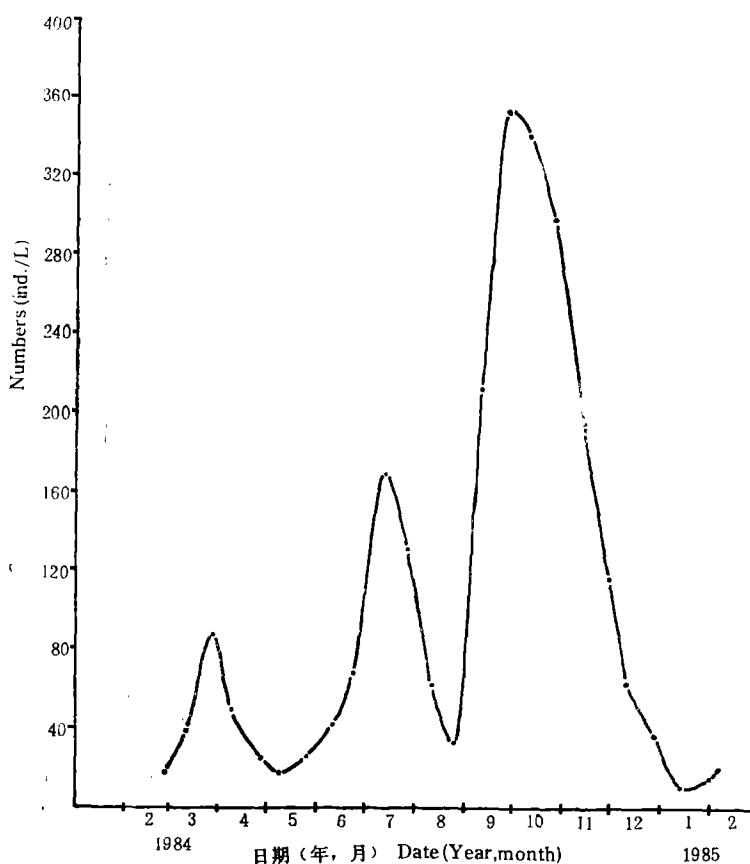


图 4 淀山湖桡足类数量季节变动拟合曲线
Fig. 4 Curve of seasonal abundance of copepoda in Lake Dian-Shan

曲线方程分别如下：

$$\begin{aligned}
 y_1 &= -0.0065x^3 + 1.42x^2 - 100.54x + 2,321.09 \quad (2 \text{ 月 26 日} - 4 \text{ 月 8 日}) \\
 y_2 &= -0.00053x^3 + 0.25x^2 - 37.28x + 1,850.87 \quad (4 \text{ 月 9 日} - 6 \text{ 月 10 日}) \\
 y_3 &= 0.00401x^3 - 2.54x^2 + 530.075x - 36,472.58 \quad (6 \text{ 月 11 日} - 8 \text{ 月 25 日}) \\
 y_4 &= 0.0022x^3 - 1.95x^2 + 583.92x - 57,324.44 \quad (8 \text{ 月 26 日} - 12 \text{ 月 9 日}) \\
 y_5 &= 3 \times 10^{-6}x^3 + 0.0288x^2 - 23.44x + 4,592.18 \quad (12 \text{ 月 10 日} - 2 \text{ 月 25 日})
 \end{aligned}$$

(三) 桡足类生物量的季节变动

淀山湖浮游桡足类全年生物量有 4 次高峰(图 3)。第一次出现在 4 月份, 上旬为 97.7 微克/升, 下旬为 107.3 微克/升, 分别占全年总生物量的 6.3 和 6.9%; 第二次出现在 7 月上旬, 这次峰值较小, 仅 69.2 微克/升, 为全年总生物量的 4.5%; 第三次发生在秋季, 其量之多、持续时间之长均居全年之首, 从 9 月下旬至 11 月上旬分别为 141.5、137.1 和 131.2 微克/升, 为全年总生物量的 8.5—9.2%; 第四次出现在 12 月下旬, 达 114.7 微克/升, 占 7.2%。桡足类周年内 3 次数量高峰与生物量高峰出现的时间并不完全一致。

(四) 优势种的数量变动

中华窄腹剑水蚤、广布中剑水蚤、近邻剑水蚤和汤匙华哲水蚤是淀山湖敞水区的4个主要优势种,它们的数量变动左右了浮游桡足类群落的周年消长。中华窄腹剑水蚤为终年出现型,周年中,1月至5月份数量极少,6月份数量开始上升,至7月下旬出现第一次高峰,桡足类幼体及成体的总数量为66.5个/升;8月份开始下降,下旬降低到11.3个/升;9月份以后的整个秋季又形成第二次数量高峰,平均总数量为70.8个/升,此次高峰的数量大、持续时间约3个月之久,成为桡足类群落秋季高峰中的主要成份(图5)。

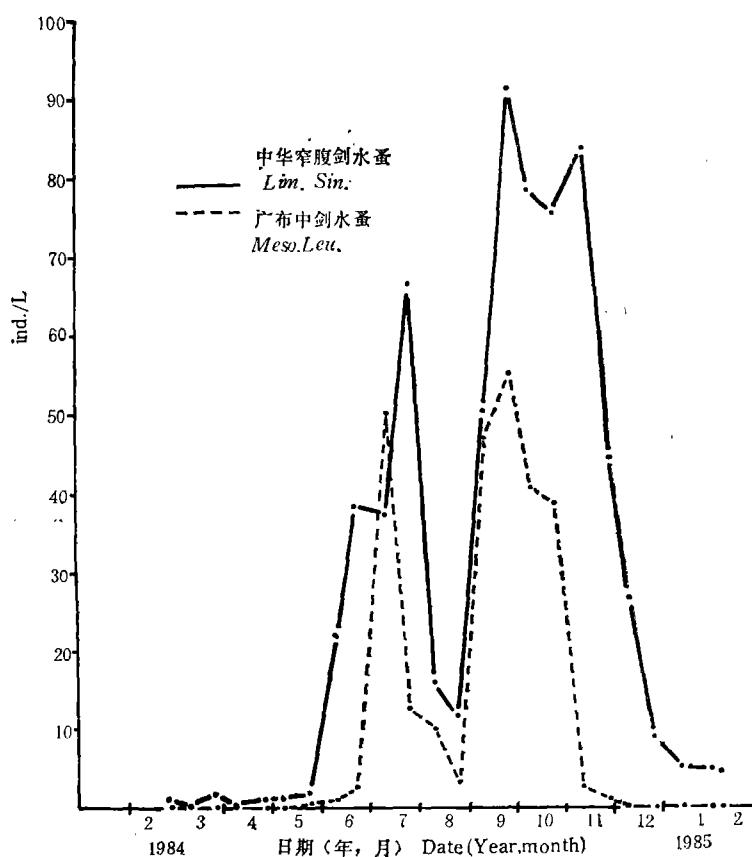


图5 淀山湖中华窄腹剑水蚤及广布中剑水蚤数量季节变动
Fig. 5 Quantitative seasonal variation of *Limnoithona sinensis* & *Mesocyclops leuckarti* in Lake Dian-Shan

夏秋季型的广布中剑水蚤周年中从12月至次年5月上旬之前消失,5月下旬出现,其数量高峰也有二次,出现时间稍迟于中华窄腹剑水蚤一个月左右,7月份出现第一次高峰,总数为50个/升;不久又下降,到8月下旬仅有3.1个/升;第二次高峰出现在秋季9—10月份,总数量平均值为45.2个/升,持续时间比中华窄腹剑水蚤略短些,约2个月(图5)。这两个优势种主宰了夏秋季桡足类群落的数量。

近邻剑水蚤的数量高峰主要出现在春季的3—4月间,平均数量为9个/升,3月份数量较多;5月至11月初为消失期。冬季有成、幼体存在,但数量较少(图6)。

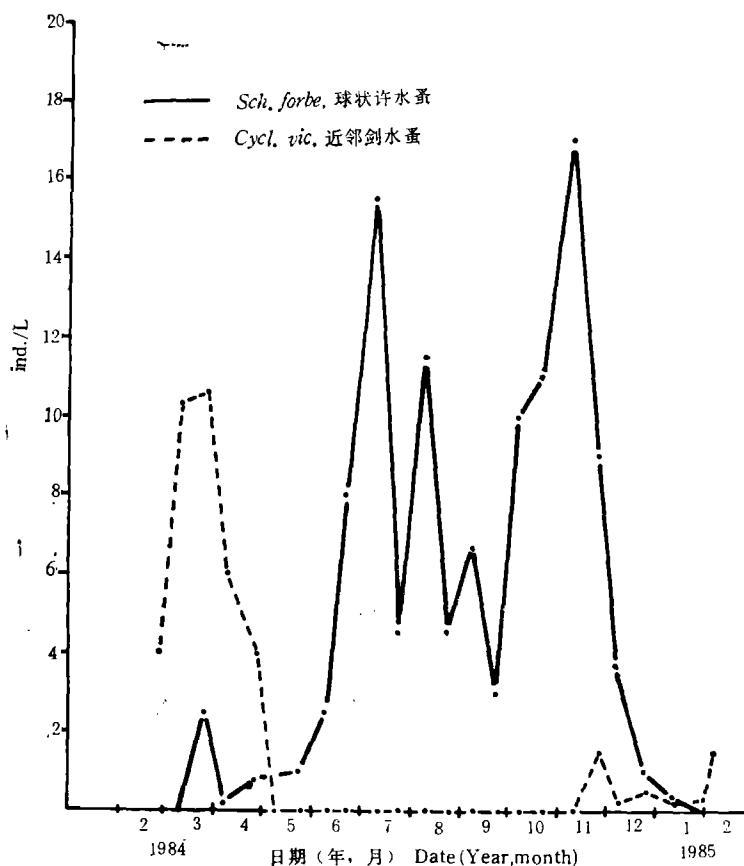


图6 淀山湖近邻剑水蚤、球状许水蚤及指状许水蚤数量季节变动
Fig. 6 Seasonal variation of densities of *Cyclops vicinus vicinus*, *Schmarckeria forbesi* & *Sch. inopinus* in Lake Dian-Shan

在淀山湖敞水区中,哲水蚤种类显然多于剑水蚤(表1),但是主要优势种仅汤匙华哲水蚤。该种为终年出现型,严冬1、2月份数量较少,2月下旬数量仅为2.8个/升,3月初数量逐渐上升,到4月上旬出现第一次数量高峰,密度为36.5个/升;到盛夏7、8月份,数量又下降,7月上旬为该种全年数量的最低期,总数量为2.5个/升;直到10月份数量逐渐回升、10—12月为第二次数量高峰期,12月份密度达22.3个/升。汤匙华哲水蚤全年的两次数量高峰分别出现在春季3—4月间(平均总数量为36.3个/升)以及秋、冬季交替之际的10—12月间;1—2月以及7—8月为二次数量低贬期(图7)。

球状许水蚤和指状许水蚤,虽然它们的成体数量不大,但是它们在湖泊中持续出现的时间较长(表1)。许水蚤属的这两个种,其数量从6月份开始增加,7、8月为第一次高峰期(数量为15.5个/升和11.5个/升);第二次高峰发生在11月前,后,最高值为16.5个/升,其中以指状许水蚤为主;冬、春季及9月前后,数量均较低(图6)。

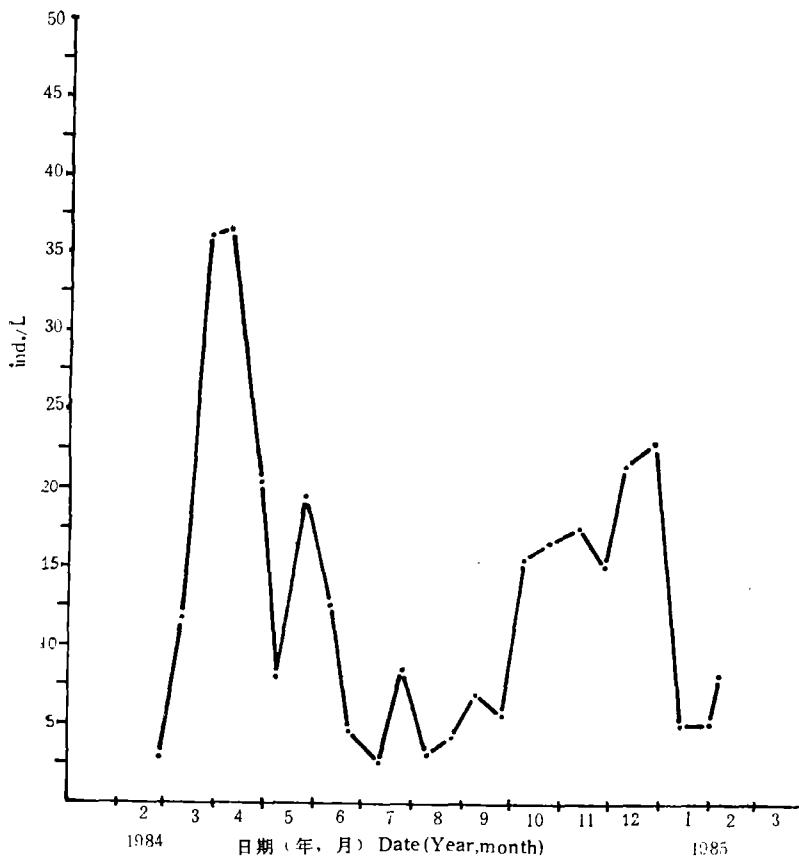


图7 淀山湖汤匙华哲水蚤数量季节变动

Fig. 7 Seasonal variation of *Sinocalanus dorrii* in Lake Dian-Shan

讨 论

1. 淀山湖的水文、水质变化与我国长江流域中、下游的大多数湖泊相似。因此, 淀山湖中的桡足类群落组成也与其它湖泊基本相同 [1、2]。但因淀山湖临近东海, 又为江、浙往来于上海的水上要道以及人类其它方面的活动、对水文水质的变化具有一定的影响, 因而桡足类优势种的成分也与其它湖泊不同。

2. 温度影响桡足类的生命活动, 尤其对生长、生殖的影响极为显著。因而被普遍认为是制约桡足类群落组成变动的重要因素。在淀山湖不同季节桡足类的群落组成成分也不同, 据此, 可以将淀山湖桡足类分成4种类型, 以表示该种类对温度的适应范围。

终年出现型的3个种, 虽然在周年内皆可以发现, 但它们对温度的最适应范围各不相同。中华窄腹剑水蚤在1—5月份种群甚小, 仅存活少数越冬种类, 种群最繁茂的时期则是6—7月及9—11月; 8月份数量减少, 可能是受7月高温(30℃左右)的影响, 使生殖率减低。与现场所记录的温度对照, 它的最适温度是在20—27℃范围内, 在30℃以上及18℃以下仅能存活不能繁殖, 是种群季节变动的主要原因。中华窄腹剑水蚤属于广温性

类型中喜高温种类(图 2, 5)。

汤匙华哲水蚤在 7—9 月为种群衰落季节, 3—6 月及 10—12 月为种群丰茂季节。根据现场记录, 淀山湖在 7—9 月为高水温 (25—30℃), 1—2 月水温变动很大, 最低为 2℃ 左右, 最高时仍可达 7℃, 这两个温度季节对于汤匙华哲水蚤皆不甚适宜, 尤其以高温为甚, 种群繁殖受抑制, 必然导致种量下降。与前述种相比, 该种虽然也属广温性类型, 但为喜低温种类(图 2, 7)。

许水蚤属的两个种喜温性相似, 它们的适温范围大约在 20℃ 左右, 30℃ 左右虽然也能繁衍种族, 但是可能受夏季饵料贫乏的影响, 使种量下降。它们应属狭广温性类型(图 2, 6)。

淀山湖中其余 7 种桡足类皆为狭温性种类, 它们的种群只在周年内短期出现。如近邻剑水蚤在 11 月至翌年 4 月种群方始出现, 适温范围在 10—15℃ 间, 15℃ 以上种群即不复存在, 属于喜低温种类(图 6)。广布中剑水蚤的种群在 5—6 月刚刚形成, 7、9、10 月是种群最为丰盛的季节; 8 月种量下落, 可能由于高温的直接或间接影响。从广布中剑水蚤的种群变动规律来看, 这个种为狭温性喜高温种类, 适温在 20℃ 左右。30℃ 以上仅能存活, 种量不能增加(图 5)。

3. 淀山湖桡足类数量季节变动有 3 个高峰, 在各高峰期中, 群落组成各不相同。3—4 月高峰由喜低温种类的近邻剑水蚤、汤匙华哲水蚤以及许水蚤属的两个种组成, 有少数中华窄腹剑水蚤。7 月出现第二次高峰, 在群落中为喜温性种类, 以中华窄腹剑水蚤、广布中剑水蚤及两种许水蚤等为主, 汤匙华哲水蚤数量较少。第三次高峰在 9—11 月间, 为桡足类群落组分最多的时期, 起主要作用的有中华窄腹剑水蚤、广布中剑水蚤、汤匙华哲水蚤及两种许水蚤。适宜的温度、丰盛的食物, 为桡足类的生长繁殖提供了良好的条件。淀山湖桡足类的 3 个数量高峰, 也可以称为生物春季、生物夏季及生物秋季、生物秋季数量最多, 是食浮游生物的动物的肥育季节。

4. 淀山湖生物量季节变动也有相应的 4 个高峰期。第一次高峰比数量高峰延迟了约一个月, 而且比 7 月份的生物量高峰值要大(图 3)。延迟的原因是由于幼体在群落总数中所占的比例及幼体的成长两个因素。3 月份桡足类开始繁殖, 幼体比例增加, 数量剧增, 生物量也开始上升; 四月底早期幼体成为晚期幼体及成体, 幼体比例减少、虽然总数并不增加, 但是成体体重远大于早期幼体, 所以使生物量达到高峰期。可见, 第一次生物量高峰是由两个因素引起的, 前期生物量上升是幼体数增加, 后期生物量高峰是群落中个体的生长, 自然会延迟于数量高峰期(表 2)。第二次高峰在 7 月, 与数量高峰平行。分析 6 月与 7 月成幼比变化及数量变动, 幼体比例从 60% 左右升为约 80%, 数量由 70 个/升增加为 170 个/升, 显然生物量增加是幼体数增加所引起的, 因而二者上升曲线平行。9—12 月高生物量延续的时间较数量高峰延续的时间长, 它与春季生物量增加曲线有些相似。9 月起, 生物量增长是由于幼体比例增加, 两条曲线平行。10 月份以后, 群落中除了补充新生的幼体外, 幼体也在不断地生长, 所以在这一段时间内, 桡足类的数量虽然减少, 生物量仍维持着较高的数值, 与数量曲线比较, 生物量高峰延续近两个月是与幼体生长有关的(表 2, 图 3)。淀山湖桡足类群落数量与生物量季节变动有两种表现形式: 一是幼体数量增加, 二者所形成的曲线平行; 另一种形式是早期幼体生长成为晚期幼体或成体,

生物量增加并延长一定时间,而数量并不一定增加,二者所形成的曲线不相平行。

参 考 文 献

- [1] 白国栋, 1962。五里湖 1951 年湖泊学调查。水生生物学集刊, 1: 93—108。
- [2] 陈受忠, 1965。武昌东湖桡足类数量的周年资料。水生生物学集刊, 5(2): 202—219。
- [3] 陈雪梅, 1981。淡水桡足类生物量的测算。水生生物学集刊, 7(3): 397—408。

STUDIES ON THE COMPOSITION AND SEASONAL VARIATIONS OF PLANKTONIC COPEPODA IN LAKE DIAN-SHAN, SHANGHAI

Lai Wei, Li Yiping and Du Nanshan

(East China Normal University, Shanghai)

Abstract

This paper embodies the results of studies on the composition and seasonal abundance of planktonic copepods from February 1984 to February 1985, in Lake Dian-Shan, Shanghai.

Samples were collected monthly at three sampling stations. Eleven species of planktonic copepods were found in the lake. According to their seasonal occurrence, it is possible to divide them into four types: yearround type, summer-autumn type, winter-spring type, and evading severewinter type.

In the pattern of seasonal fluctuation, the peaks of copepod abundance were usually recorded in spring, summer and autumn, with the third peak far exceeding the formers and almost persisting for two months. The changes of copepod abundance were mainly determined by the populations of four dominant species: *Limnoithona sinensis*, *Sinocalanus dorrii*, *Mesocyclops leuckarti* and *Cyclops vicinus vicinus*.

There were four peaks of the biomass of planktonic copepods in a year. The peaks of biomass in spring and autumn occurred after the peaks of abundance in corresponding seasons because 80—90 percent individuals were larve at the time of maximum abundance.

Ecological factors that effect the seasonal abundance and biomass of the copepodes are discussed briefly.

Key words planktonic copepoda, biomass, dominant species, Lake Dian-Shan