

武昌东湖原生动物生态初步研究*

沈韞芬 顧曼如

(中国科学院水生生物研究所)

一、前言

原生动物在水体物质循环中起着一定的作用。有些带叶绿素的原生动物是自养性的,絕大多数的原生动物是异养性,以細菌、藻类、其他原生动物为食,甚至有些能够直接以有机碎屑分解的产物作为食料。因此原生动物在水体食物鏈中起第一、第二、乃至第三环节的作用。另一方面原生动物可作为魚类如鯪、鱮和某些浮游动物以及底栖动物的部分食料。因此,研究水体中原生动物的生态特性,不仅能更完善地了解水体中有机物质的循环过程;而且也是为进一步提高水体生产力提供必要的資料。国内淡水原生动物生态研究的报导尚不很多。白国栋(1962)^[1]在五里湖1951年湖泊学調查浮游动物論文中提供了原生动物数量季节变化的資料。本文就东湖原生动物生态的基本問題——数量种类季节变化和分布作了調查。也是作为进一步研究各种主要原生动物种类的生长、繁殖等生物学特性的阶梯。

二、材料和方法

在东湖共設四个采样站,代表三种不同的环境类型(图1)。第一种类型——水面寬敞,水較深,一般在4米以上;无沉水植物,湖泥內碎屑及植物根系少;按污化程度划分是属于寡污带的;代表此型的是湖中心的II站。第二种类型——水面較狹,水深1.5—2.5米;水生高等植物极为茂盛(有菹草、金魚藻、聚草、苦草等),湖泥內碎屑及植物根系多;按污化程度划分是属于中污带的;代表此型的是湖灣及湖边的I、IV站,两站距离为150米左右。第三种类型——水面較狹,是封閉水域;代表此型的是III站。自从1959年把茶叶港辟为养魚之用后,仅留少許水面仍与东湖相通。虽然高等水生植物不多,但是受岸边环境(如养猪房、下水道等)的污染影响甚大。按污化程度划分是属于多污带的。湖底沉积物的腐敗作用甚強。有时养魚池排水时亦由此流入东湖,故环境較为复杂。采集点水深一般0.5—1米。湖水中原生动物标本在上述4站均进行采集。工作自1962年3月起至1963年7月止。各站每月采样二次,II站滿一周年后每月采样四次。采样方法見本期“武昌东湖浮游动物数量季节变动的初步观察”^[3]。III、IV站定量标本只采表层。

湖泥中的原生动物只在II、III、IV三站每月进行二次表层泥样采集。用直径4厘米、高30厘米的管状采泥器采样。每季度有一次垂直分层采集。工作自1962年3月到1963年9月止。泥样采回后,一般均在灭菌室內进行平板培养。一切器皿及培养基均經高温

1964年8月20日收到。

* 本文是在王家楫、白国栋两位教授亲切关怀和指导下进行的。特此表示衷心的感谢。

消毒处理。为了比较在不同营养成分中原生动物生长的情况，工作中共用二种培养基：(1)无机盐液。根据 Новогрудский 氏 (1956)^[11] 培养土壤原生动物所用的方法。这种培养基叫“ГОЛОДНЫЙ”（“饥饿”之意）。它的配方是 100 毫升蒸馏水中加 0.5 克氯化钠，0.1 克碳酸钙及 1.5 克琼脂。煮沸后过滤。并调节 pH 为 7.0。(2)草浸出液。100 毫升蒸馏水中加 3—4 克稻草杆。煮沸 30 分钟后过滤。再加 1.5—2 克琼脂。接种时在平板内倒入 10 毫升无菌蒸馏水，再接入 0.5 克泥样。一般保持于 25℃ 恒温箱内。如室温高于 25℃ 时则不采用恒温箱。一星期后进行检查。每月的上旬及每季度的分层采集均用鲁哥氏液固定后稀释至 30 毫升进行相对数量的比较。

三、结 果

(一) 水体中的原生动物

1. 种类组成

(1) 共找到原生动物 113 种（纤毛虫纲 97 种，肉足虫纲 16 种）（表 1）。这些种类在各站的分布如下：

	纤毛虫纲	肉足虫纲	共计
II 站	59 种	13 种	72 种
III 站	64 种	11 种	75 种
IV 站	77 种	12 种	89 种

由此可见以 IV 站种类为最多。

在本期“武昌东湖浮游动物数量季节

变动的初步观察”^[3] 一文中已谈到东湖具有长江流域中下游浅水湖泊的共同特点。通过风浪的作用，全湖水的理化等环境因子易于趋向大致相同。这一情况在 I、II、IV 站较为明显。但本文所设四个站在环境因子方面仍然具有差异。水质按污化程度以 II（寡污带）、IV（中污带）、III（多污带）站而递次增强（其分析详见下文；I 站比较接近 IV 站，故不特别列出比较），在风浪的作用下其环境因子趋向于大致相同；但在风平浪静时又有逐渐过渡到显著不同的情况。因此亦反映出此三站有共有种类、交叉种类以及特有种类。从表 1 可见三站共有种类计 47 种；交叉种类在 II、IV 两站计 15 种，在 III、IV 两站计 14 种，共计 29 种；特有种类在 II 站有 10 种，III 站 14 种，IV 站 13 种，共计 37 种。共有种类占总数的 41.6%，交叉种类占 25.7%，特有种类占 32.7%。共有种类占的比例最大；并且大

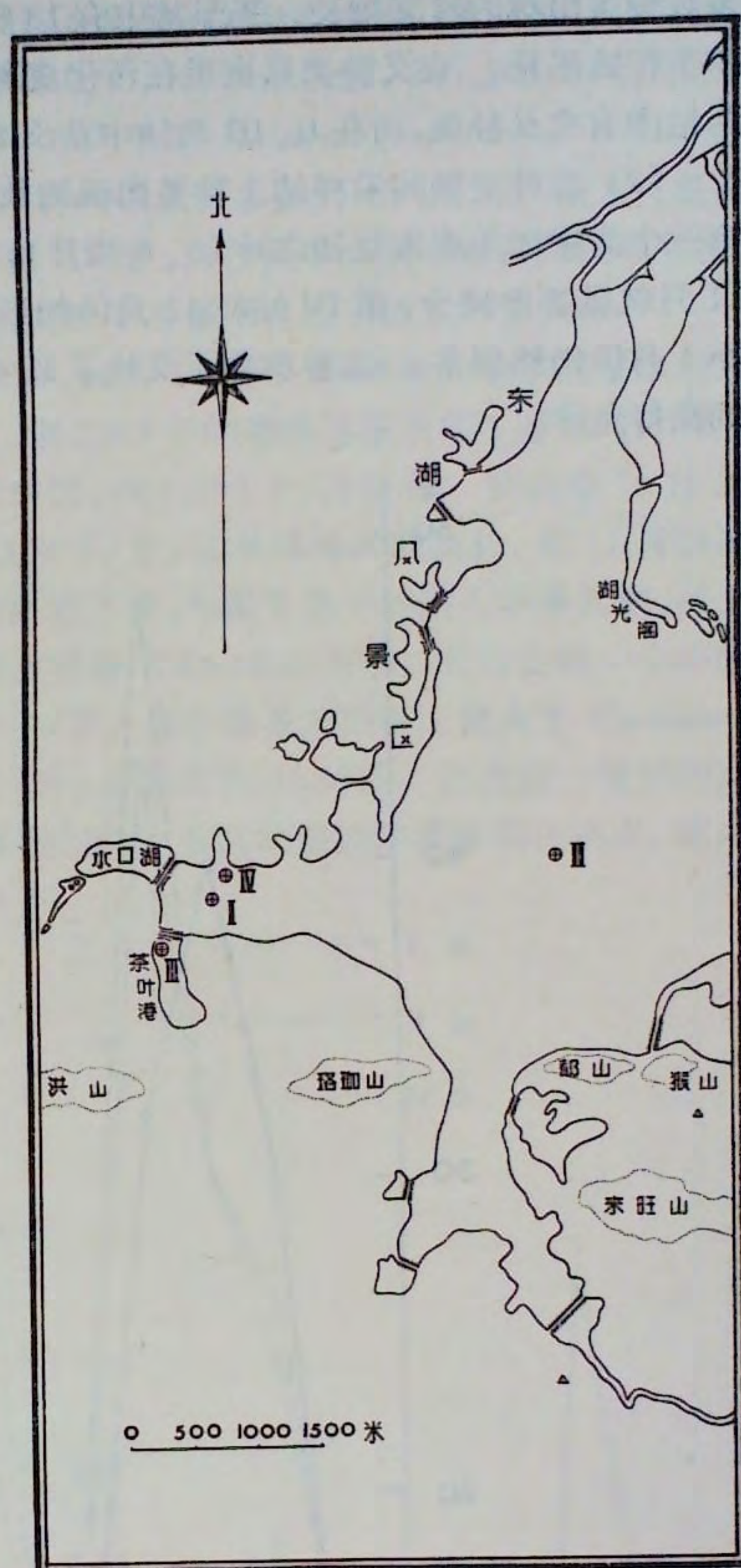


图 1 武昌东湖第 I、II、III、IV 采样站的位置

多数种类出现的时间较长,甚至其中有13种(纤毛虫纲12种,肉足虫纲1种)在这三站四季都能遇见。交叉种类只出现在污化度递进的毗邻水域中,即在II、IV两站及IV、III两站中有交叉种类,而在II、III两站中是没有的。

(2) 三种类型的采样站上种类出现的数量在一年内的分布是不均匀的(表1、图2)。第一个高峰都在春末夏初之时(5、6两月)。第二个高峰都在秋季10月份;但第II站在11月就显著地减少,第IV站在11月仍相当多,以后才逐渐减少,而第III站则一直到冬季1月份仍然很多。这种现象正反映了III站在冬季仍然能提供某些原生动物生长繁殖的良好条件。

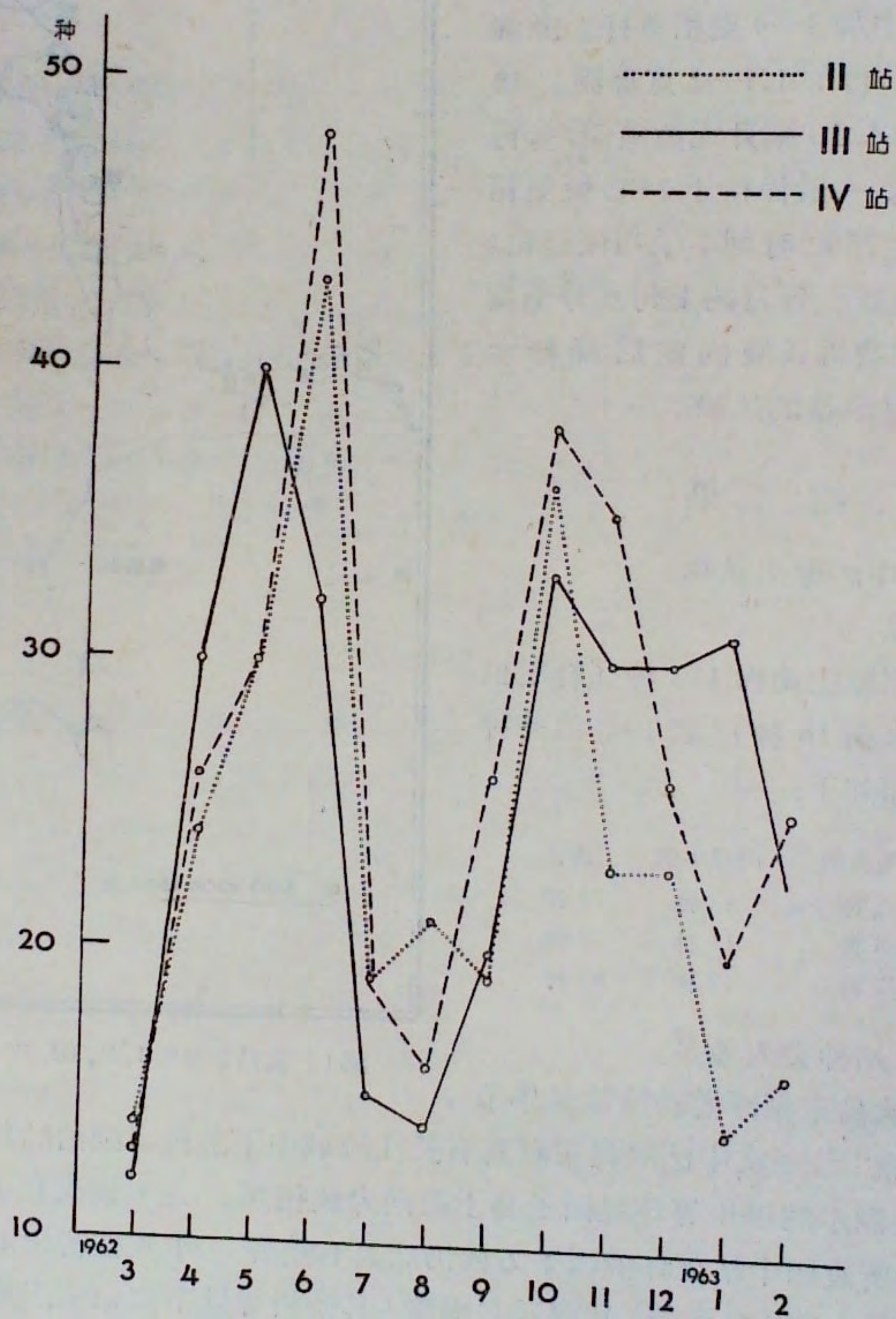


图2 原生动物出现种类的数量季节变化

2. 数量变化

(1) 原生动物数量的季节变化

第II站: 1962年的春季高峰推迟到夏初6月20日才出现(图3), 数量为6,480个/升。1963年的春峰于5月20日出现, 数量为8,610个/升。1962年夏季7月份数量很低, 只

1,200 个/升。以后逐渐上升,到 10 月 22 日出现全年最高的秋季高峰,数量达 15,270 个/升,比春季高峰大一倍。以后逐渐下降。在冬季 1、2 月份数量很低,只 1,200 个/升左右。

在这些高峰中主要种类的数量分布见图 4。其中以 *Halteria grandinella*, *Vorticella similis*, *Holotricha* No. 2, *Askenasia volvox* 四种的数量占总数的比例最大。图 4 可见曲线从垂直转向为水平时在二个春季高峰中都较为明显;而在秋季高峰中则很和缓而平稳。此说明春季高峰只集中于少数几种主要种类,而秋季高峰则包括了较多的主要种。

第 IV 站: 和第 II 站相象(图 3),一年也有春、秋二个高峰。1962 年的春季高峰推迟到夏初 6 月 5 日出现,数量达到 14,250 个/升。但 1963 年的春季高峰是在 5 月 20 日出现,数量达到 14,880 个/升。夏季 7、8 月份数量很低,仅 1,000 个/升左右。到秋季 10 月 22 日出现了高峰,数量略高于春季高峰,为 16,350 个/升,而且维持时间较长,在 11 月份及 12 月上旬仍维持在 10,000 个/升以上。以后逐渐下降,和第 II 站一样进入冬季低潮,在 1 月份只有 1,700 个/升左右。但是,和第 II 站有显著不同的是在冬季二月份出现一个小的峰,数量比春、秋高峰要少得多,只 8,760 个/升。这个高峰的出现主要由于 *Cyclidium citrullus* 繁殖特多而引起,其数量达 5,730 个/升,占总数的 65.86%。产生这一情况的原因显然与该站繁茂的高等水生植物在秋末雕谢有关。雕谢的植物碎屑堆积在湖底,逐渐

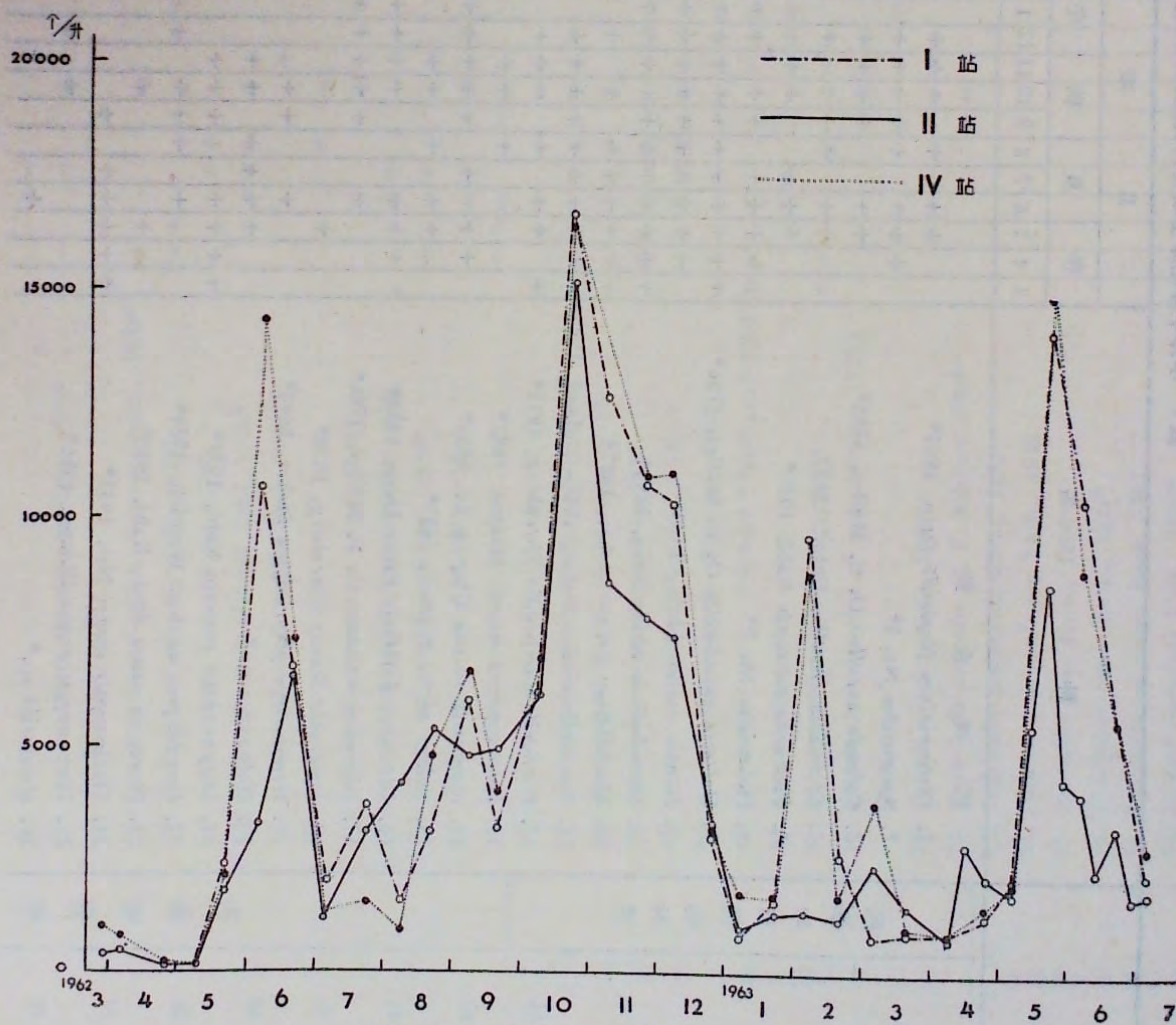


图 3 I、II、IV 站原生动物总数的季节变化

表1 水体中各站原生动物种类组成和出现的时期

种 名	II 站												IV 站												III 站											
	春				夏				秋				冬				春				夏				秋				冬							
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
纤 毛 虫 纲																																				
1. <i>Tintinnidium fluviatile</i> Stein, 1863*																																				
2. <i>Spirotricha</i> No. 1*																																				
3. <i>Colpoda cucullus</i> O. F. Müller, 1786*																																				
4. <i>Cyclidium citrullus</i> Cohn, 1865*																																				
5. <i>Urotricha vernatrix</i> Kahl, 1935*																																				
6. <i>Holotricha</i> No. 2*																																				
7. <i>Halteria grandinella</i> O. F. Müller, 1786*																																				
8. <i>Stentor roeseli</i> Ehrb., 1830*																																				
9. <i>Strombidium viride</i> Stein, 1859*																																				
10. <i>Sirobilidium gyrans</i> Stokes, 1887*																																				
11. <i>Vorticella similis</i> Stokes, 1887—Noland, 1931*																																				
12. <i>Vorticella campanula</i> Ehrenberg, 1831*																																				
13. <i>Sphaerophrya magna</i> Maupas, 1881*																																				
14. <i>Askenasia volvox</i> Clap. & L., 1858*																																				
15. <i>Coleps hirtus</i> Nitzsch, 1817*																																				
16. <i>Didinium balbianii</i> Fabre-Dom, 1888*																																				
17. <i>Didinium nasutum</i> O. F. Müller, 1786*																																				
18. <i>Frontonia leucas</i> Ehrenberg, 1838*																																				
19. <i>Hemiphrys pleurosigma</i> Stokes, 1884*																																				
20. <i>Holophrya</i> sp.*																																				
21. <i>Lagynophrya rostrata</i> Kahl, 1927*																																				
22. <i>Paradileptus conicus</i> Wenrich, 1929*																																				
23. <i>Prorodon ovum</i> Ehrb.-Kahl, 1930*																																				
24. <i>Tintinnopsis wangi</i> Nie, 1933*																																				
25. <i>Tintinnopsis conus</i> Chiang, 1956*																																				
26. <i>Hastatella</i> sp.*																																				

四季均出现的种类

三

站

共

有

种

类

38

种

不

是

四

季

均

(续表 1)

[illegible]

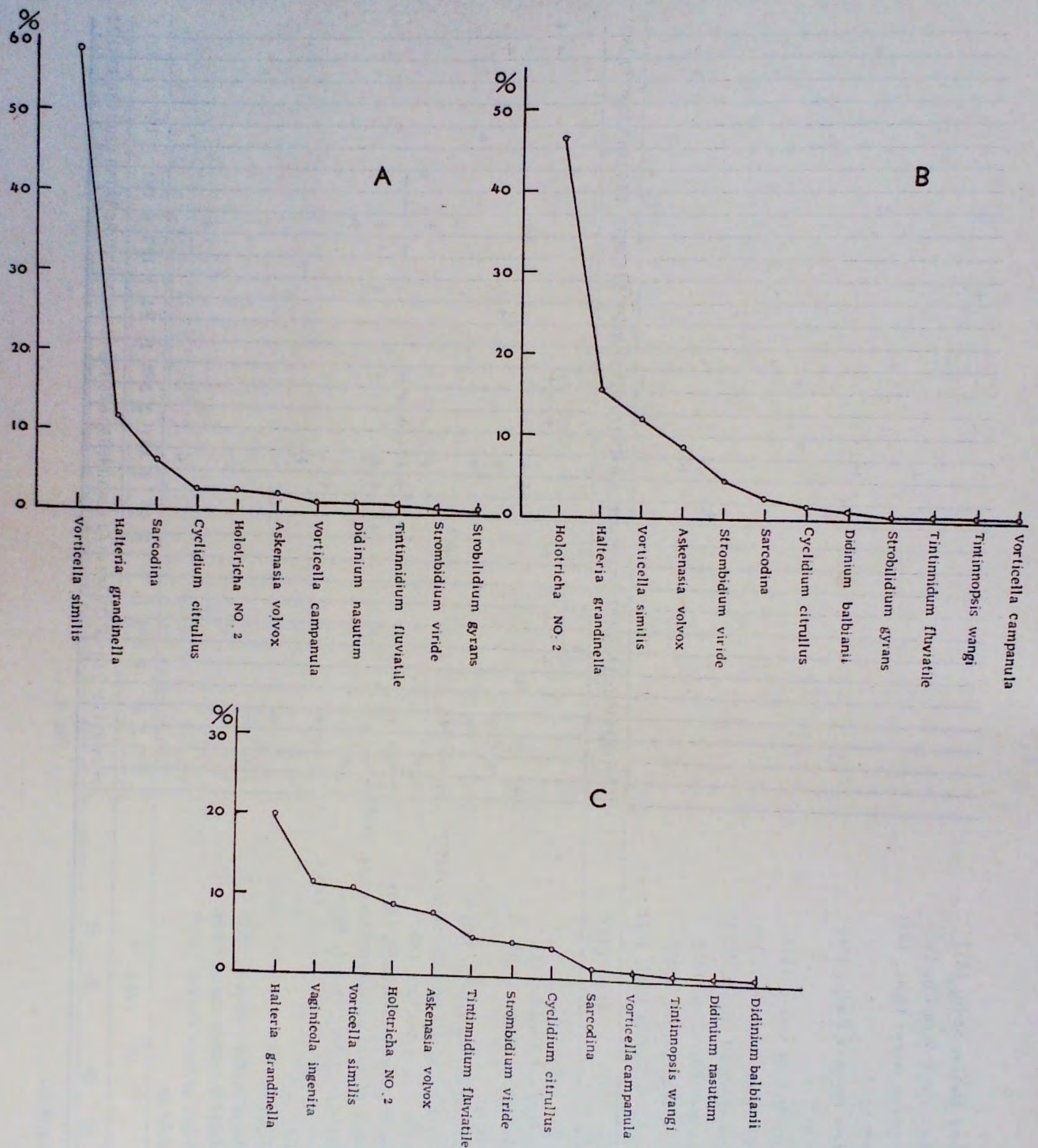


图4 II站原生动物总数高峰期内主要种类的百分比

A) 1962年春季高峰(延至20/VI); B) 1963年春季高峰(20/V); C) 1962年秋季高峰(22/X)。

开始腐败分解,分解出来的营养物质促进了细菌的生长,也就促进了食菌性纤毛虫的生长繁殖^[30],特别是 *Cyclidium citrullus*。

在上述四个高峰中主要种类的数量分布见图5。和第II站一样二个春季高峰的曲线从垂直转向为水平时较为显著,在秋季高峰中则很平稳。而在冬季小高峰中垂直和水平的转换更为显著,因为高峰数量中60%以上都集中在 *Cyclidium citrullus* 这一种上。春

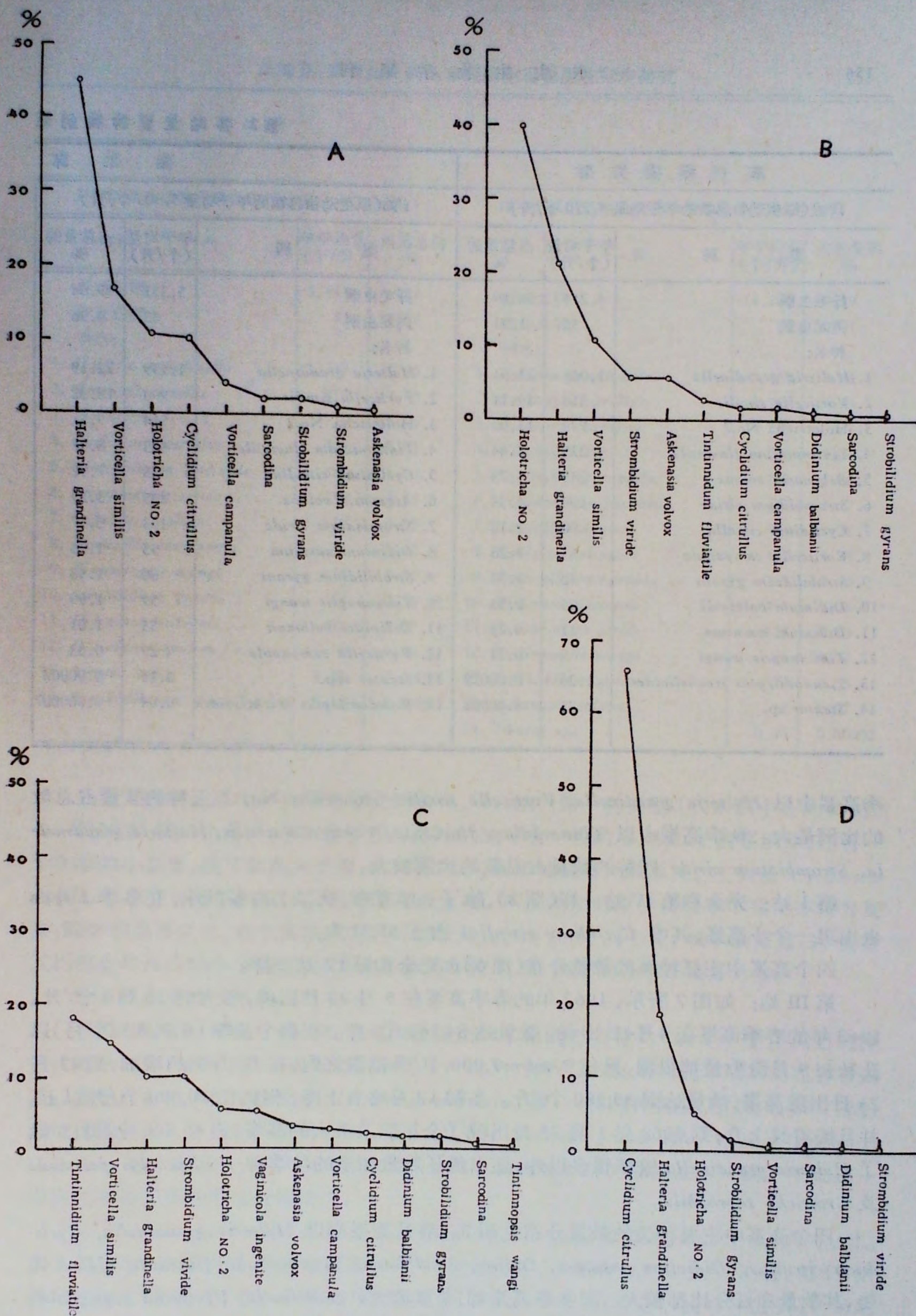


图5 IV站原生动物总数高峰期內主要种类的百分比

A) 1962年春季高峰(5/VI); B) 1963年春季高峰(20/V); C) 1962年秋季高峰(22/X);
D) 1962年冬季小高峰(5/II/63')。

表2 各站主要种类的年

第一环境类型			第二环境类型		
II 站(原生动物总数的年平均量 4,270 个/升)			I 站(原生动物总数的年平均量 5,403 个/升)		
类 别	年平均量 (个/升)	占总量的 %	类 别	年平均量 (个/升)	占总量的 %
纤毛虫纲	4,214	98.69	纤毛虫纲	5,351	99.04
肉足虫纲	56	1.31	肉足虫纲	52	0.96
种名:			种名:		
1. <i>Halteria grandinella</i>	1,064	24.91	1. <i>Halteria grandinella</i>	1,199	22.19
2. <i>Vorticella similis</i>	816	19.11	2. <i>Vorticella similis</i>	990	18.32
3. <i>Holotricha</i> No.2	730	17.09	3. <i>Holotricha</i> No.2	514	9.51
4. <i>Tintinnidium fluviatile</i>	275	6.44	4. <i>Tintinnidium fluviatile</i>	485	8.97
5. <i>Askenasia volvox</i>	245	5.73	5. <i>Cyclidium citrullus</i>	428	7.92
6. <i>Strombidium viride</i>	194	4.54	6. <i>Askenasia volvox</i>	205	3.79
7. <i>Cyclidium citrullus</i>	90	2.10	7. <i>Strombidium viride</i>	193	3.57
8. <i>Vorticella campanula</i>	55	1.28	8. <i>Didinium nasutum</i>	95	1.75
9. <i>Strobilidium gyrans</i>	40	0.93	9. <i>Strobilidium gyrans</i>	80	1.48
10. <i>Didinium balbianii</i>	25	0.58	10. <i>Tintinnopsis wangi</i>	59	1.09
11. <i>Didinium nasutum</i>	11	0.25	11. <i>Didinium balbianii</i>	55	1.01
12. <i>Tintinnopsis wangi</i>	9	0.21	12. <i>Vorticella campanula</i>	29	0.53
13. <i>Pseudodileptus trachelioides</i>	1.25	0.00029	13. <i>Stentor</i> spp.	0.11	0.00002
14. <i>Stentor</i> sp.	0.35	0.00008	14. <i>Pseudodileptus trachelioides</i>	0.04	0.000007

季高峰中以 *Halteria grandinella*, *Vorticella similis*, *Holotricha* No. 2 三种的数量占总数的比例最大。秋季高峰中以 *Tintinnidium fluviatile*, *Vorticella similis*, *Halteria grandinella*, *Strombidium viride* 四种的数量占总数的比例较大。

第 I 站: 完全和第 IV 站一样(图 3), 除了一年有春、秋二个高峰以外, 在冬季 2 月份也出现一个小高峰, 其中 *Cyclidium citrullus* 占了 55.31%。

四个高峰中主要种类的数量分布(图 6)也完全和第 IV 站一样。

第 III 站: 如图 7 所示, 1962 年的春季高峰在 5 月 22 日出现, 数量达 16,140 个/升。1963 年的春季高峰在 4 月 4 日出现, 数量达 34,140 个/升。在整个夏季(6、7、8 三个月)以及秋初 9 月份数量都很低, 只在 2,000—7,000 个/升范围之内, 在 10 月突然增加, 到 11 月 23 日出现高峰, 数量达到 35,280 个/升。冬初 12 月略有下降, 但仍在 10,000 个/升以上。并且接着又上升, 到 1963 年 1 月 21 日出现了全年数量最大的高峰, 达 46,800 个/升。除了 *Halteria grandinella* 繁殖很多以外, 还出现了数量颇多的冬季种——*Enchelys pellucida* 及 *Urotricha saprophila*。

四个高峰中主要种类的数量分布见图 8。春秋高峰都以 *Halteria grandinella*, *Cyclidium citrullus*, *Didinium nasutum*, *Didinium balbianii*, *Tintinnidium fluviatile* 五种占优势, 其数量和百分比都较大。而冬季高峰却以 *Halteria grandinella*, *Urotricha saprophila*, *Enchelys pellucida*, *Holotricha* No. 2 四种为优势。图 8 所示的四条曲线一般都不平稳。其中春、冬高峰均以 *Halteria grandinella* 占绝对优势。

平均量和百分比的比較

境 类 型			第 三 环 境 类 型		
IV 站(原生动物总数的年平均量 5,497 个/升)			III 站(原生动物总数的年平均量 14,326 个/升)		
类 别	年平均量 (个/升)	占总量的 %	类 别	年平均量 (个/升)	占总量的 %
纤毛虫纲	5,444	99.04	纤毛虫纲	14,266	99.59
肉足虫纲	53	0.96	肉足虫纲	60	0.41
种名:			种名:		
1. <i>Halteria grandinella</i>	1,237	22.50	1. <i>Halteria grandinella</i>	5,465	38.14
2. <i>Vorticella similis</i>	810	14.73	2. <i>Cyclidium citrullus</i>	1,380	9.63
3. <i>Holotricha</i> No. 2	720	13.09	3. <i>Didinium balbianii</i>	755	5.27
4. <i>Cyclidium citrullus</i>	446	8.11	4. <i>Holotricha</i> No. 2	725	5.06
5. <i>Tintinnidium fluvatile</i>	381	6.93	5. <i>Urotricha saprophila</i>	701	4.89
6. <i>Strombidium viride</i>	239	4.34	6. <i>Tintinnidium fluvatile</i>	641	4.47
7. <i>Askenasia volvox</i>	223	4.05	7. <i>Vorticella similis</i>	545	3.81
8. <i>Vorticella campanula</i>	81	1.47	8. <i>Enchelys pellucida</i>	465	3.24
9. <i>Tintinnopsis wangi</i>	55	1.00	9. <i>Vorticella campanula</i>	344	2.40
10. <i>Strobilidium gyrans</i>	53	0.96	10. <i>Didinium nasutum</i>	341	2.38
11. <i>Didinium balbianii</i>	48	0.87	11. <i>Strombidium viride</i>	123	0.85
12. <i>Didinium nasutum</i>	6	0.09	12. <i>Tintinnopsis wangi</i>	95	0.66
13. <i>Stentor</i> spp.	0.21	0.00003	13. <i>Strobilidium gyrans</i>	79	0.55
14. <i>Pseudodileptus trachelioides</i>	0.19	0.00003	14. <i>Askenasia volvox</i>	11	0.07
			15. <i>Stentor</i> sp.	0.35	0.00002

分析上述四站原生动物季节变化的情况,可以认为第一种类型(代表湖中心的 II 站)有一般的春、秋二个高峰;第二种类型(I、IV 站)除了有一般的春、秋二个高峰以外,还有一个冬季的小高峰,除了数量次于春、秋高峰以外,优势种类亦比较单纯,主要是 *Cyclidium citrullus*; 第三种类型的 III 站,因环境比较复杂,所反映出的原生动物季节变化亦较为复杂,除春季高峰以外,秋季高峰维持的时间较长,占 10 及 11 两个月,秋季高峰过后,接着又出现全年最高的冬季高峰,并且优势种类亦较 I、IV 两站的冬季小高峰为多。

(2) 原生动物种类的季节变化

根据各种类一年的平均数和遇见次数提出四个站的主要种类(表 2)。表上列出的种类大部分相似,根据它们的数量和百分比依次排列的情况来看,则又随环境不同而各有侧重。各站占首位的优势种都是 *Halteria grandinella*。第一、二两种类型(即 II、I、IV 三站)环境比较接近,前三种优势种亦都一样,依次为 *Halteria grandinella*, *Vorticella similis*, *Holotricha* No. 2。而 I、IV 两站更为接近,故前 7 种的优势种的排列基本一致。下面进一步描述各种种类的季节变化情况。

① *Halteria grandinella*(图 9): 第 II 站全年在 8—10 月较多,约 2,000—3,000 个/升。第 I、IV 两站比较相似,在春末夏初(6月 5 日)达高峰,一般在 3,500 个/升左右,第 IV 站甚至还超过 6,000 个/升。冬季 2 月数量颇多,约 2,000 个/升左右。故本种在 I、IV 两站原生动物总数的春季高峰和冬季小高峰中起了一定的作用。III 站的数量比其余三站大得多,并且显然一年中有冬(1 月)、春(4 月)二高峰,数量在 20,000 个/升以上。与该站原

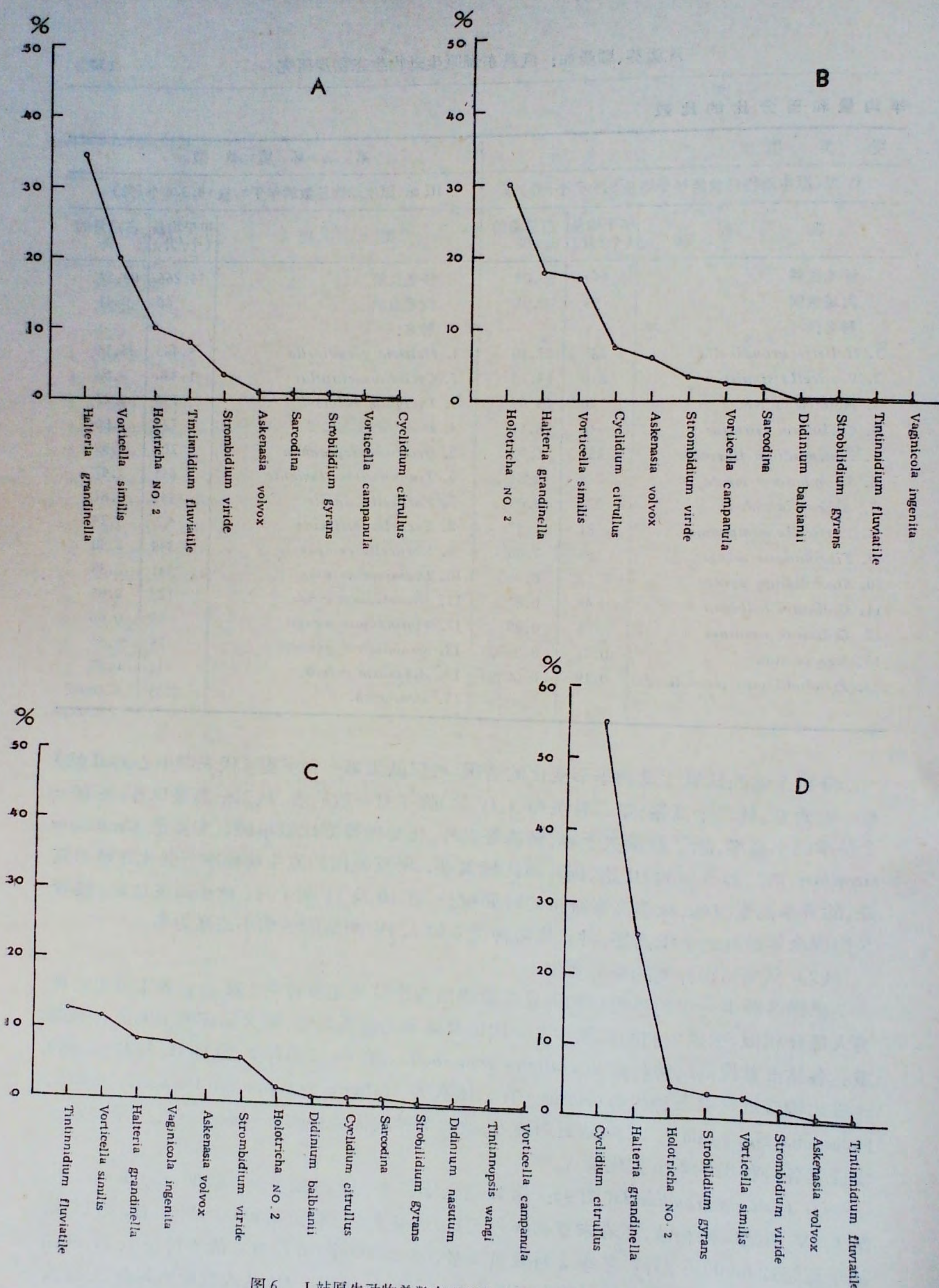


图6 I 站原生动物总数高峰期内主要种类的百分比
 A) 1962 年春季高峰(5/VI); B) 1963 年春季高峰(20/V); C) 1962 年秋季高峰(22/X);
 D) 1962 年冬季小高峰(5/II/63')。

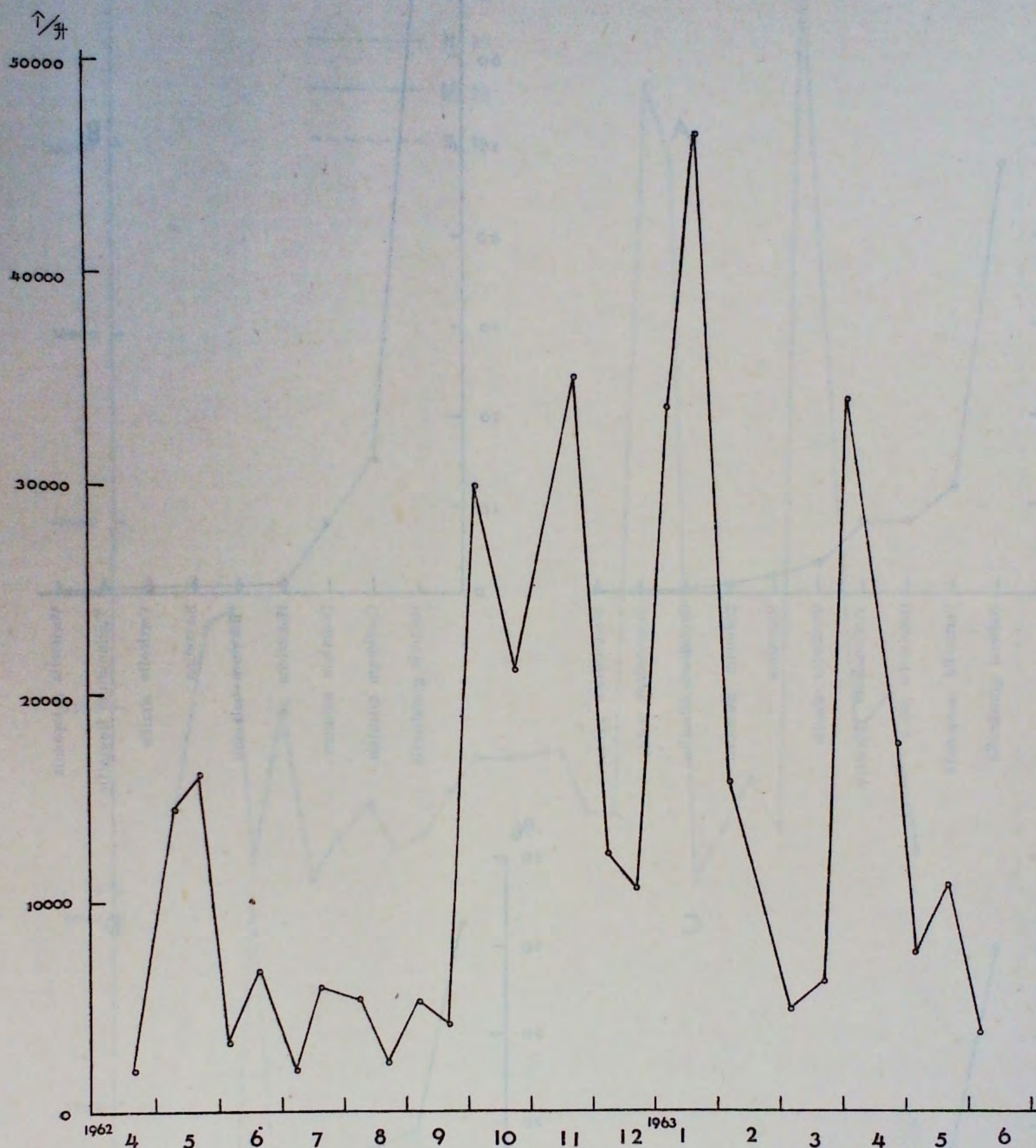


图7 III站原生动物总数的季节变化

生动物总的冬、春季高峰同时出现,并起着很大的作用。*Halteria grandinella* 既能在冬季水温 2°C 左右时大量繁殖,又能在春末夏初水温 27°C 左右时繁殖,由此看来对温度适应范围是很广的。促进繁殖的主要因素可能取决于食料(首先是细菌、其次是藻类)是否丰富。

② *Cyclidium citrullus* (图10): 本种在第II站的数量是很稀少的,故对原生动物总数的起伏无大影响。第I、IV两站全年在冬季2月份有一显著的高峰,这个种的数量在5,000个/升以上,也就决定了原生动物总数在这时出现了小小的高峰。第III站这一种的数量很多,它的春(4月: 5,160个/升)、秋(11月: 14,040个/升)二高峰恰正与原生动物

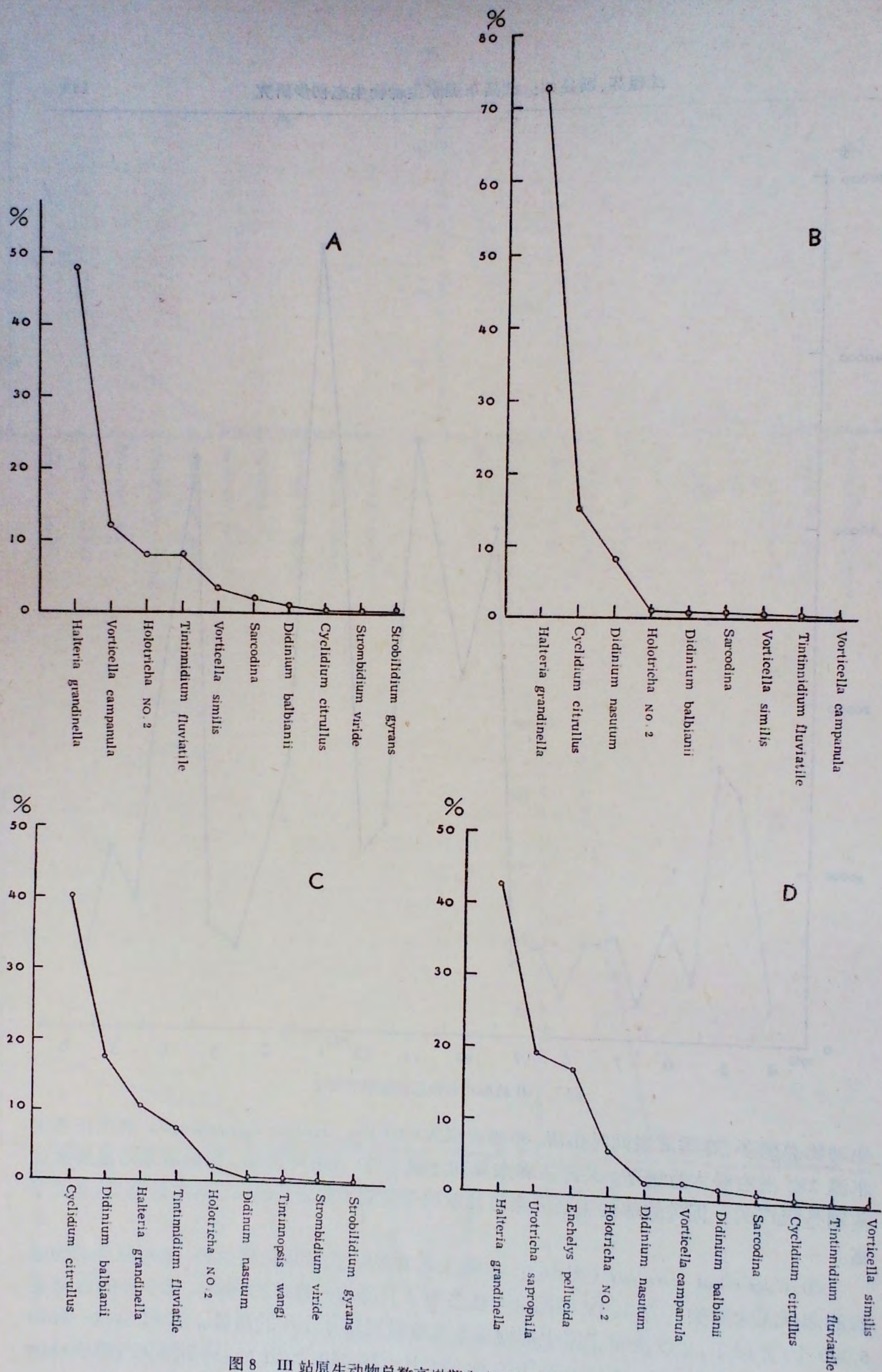


图8 III站原生动物总数高峰期内主要种类的百分比
 A) 1962年春季高峰(22/V); B) 1963年春季高峰(4/IV); C) 1962年秋季高峰(23/XI);
 D) 1962年冬季高峰(21/I/63')。

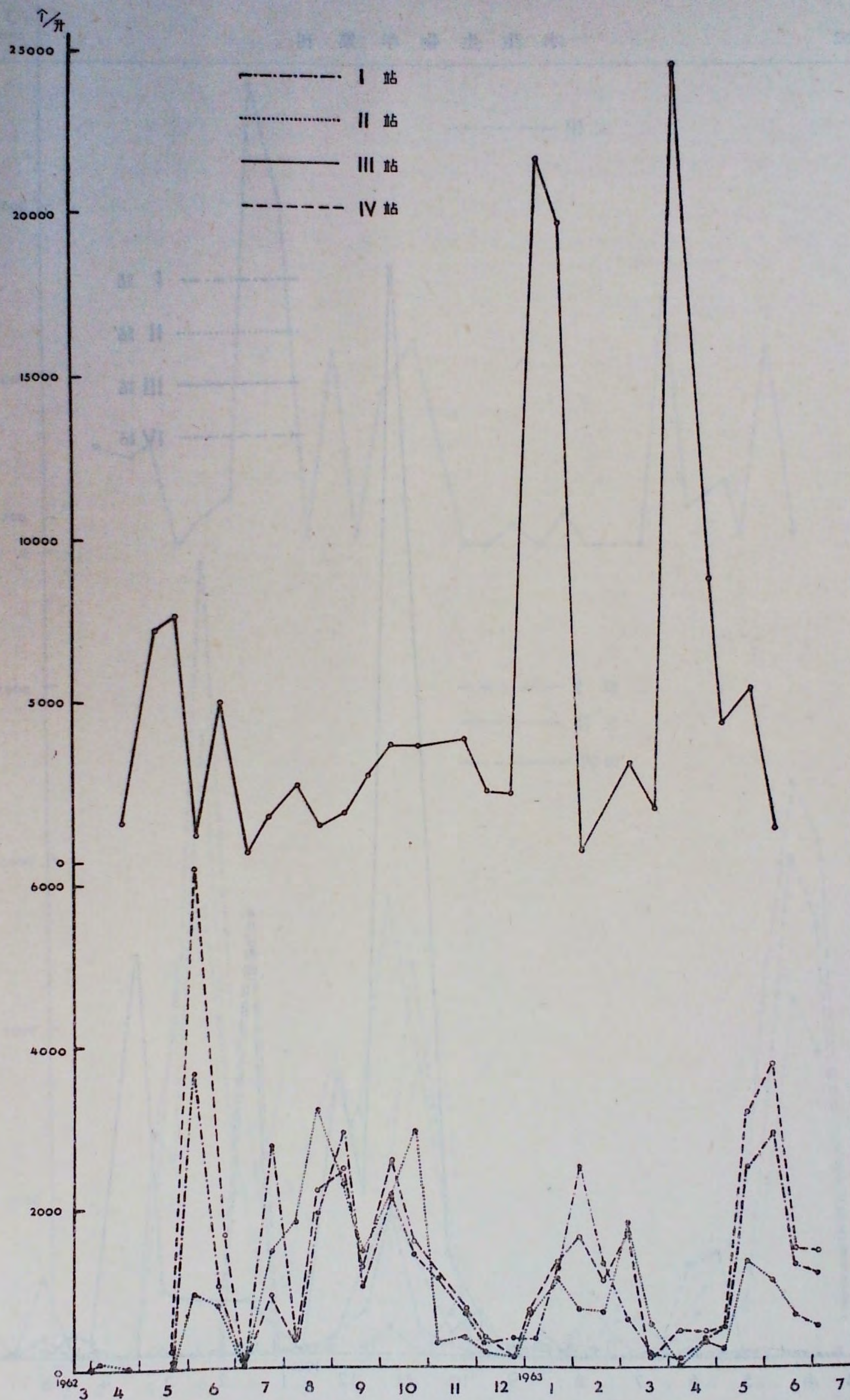


图9 *Halteria grandinella* O. F. Müller, 1786 的数量季节变化

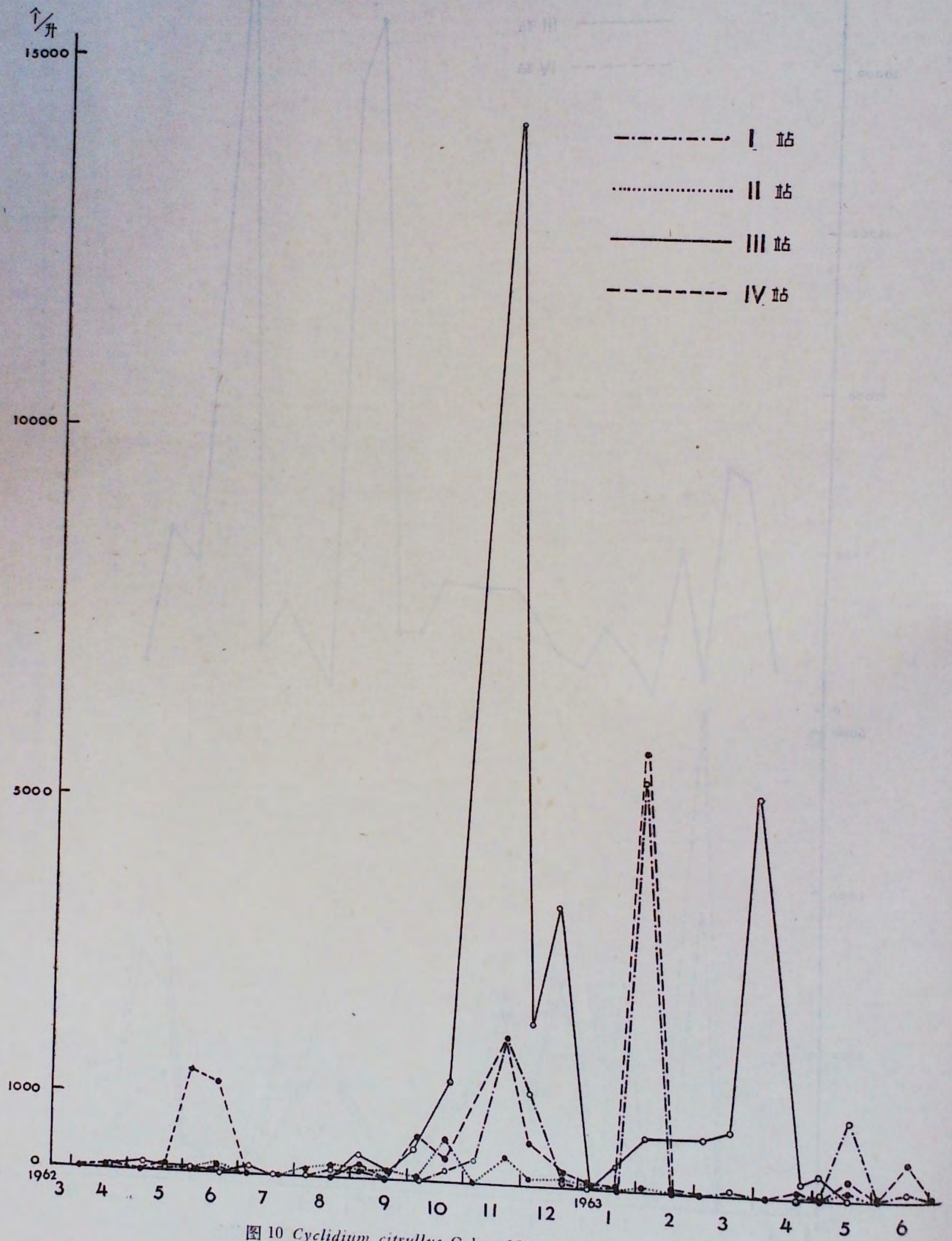


图 10 *Cyclidium citrullus* Cohn, 1865 的数量季节变化

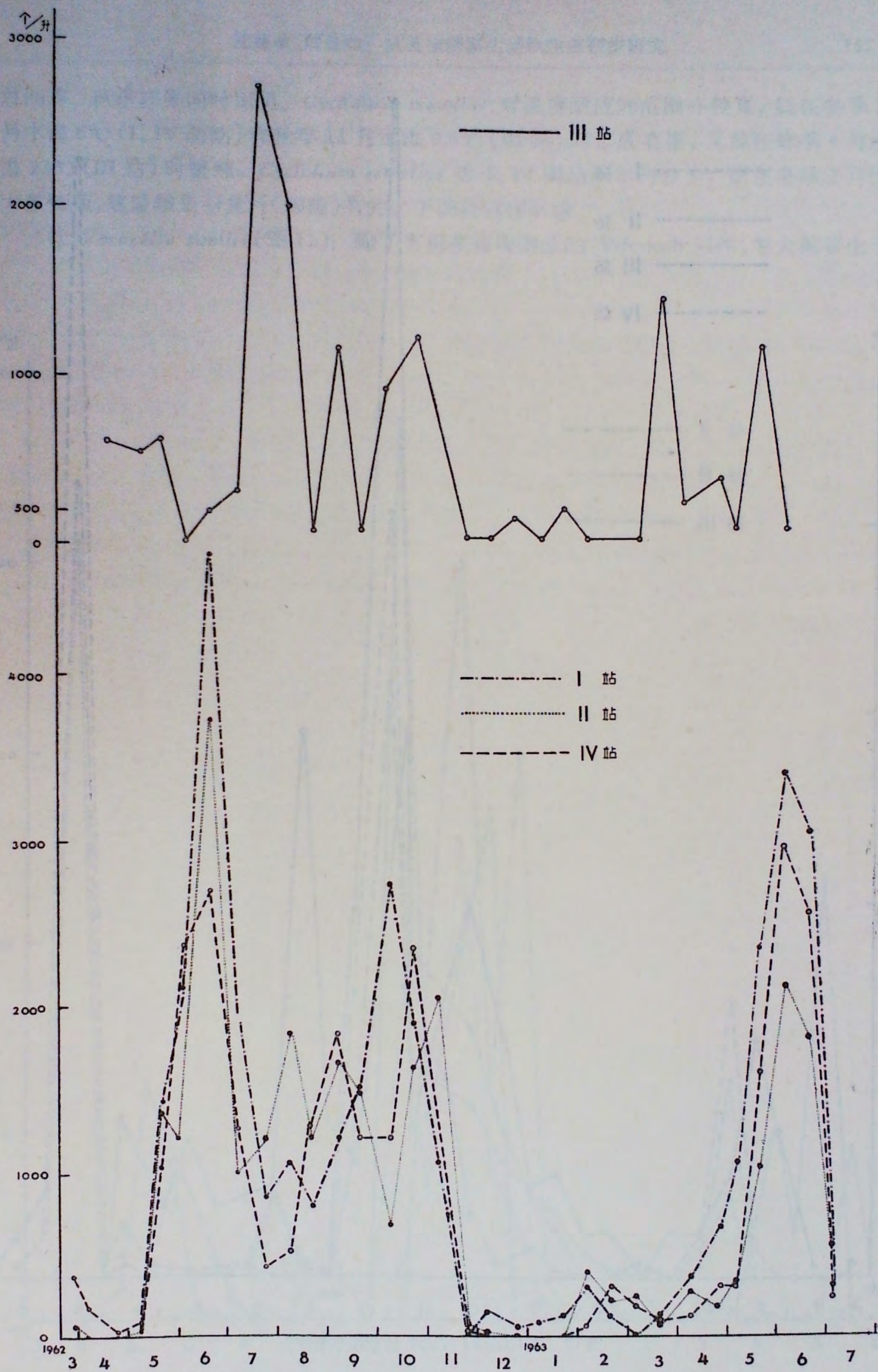


图 11 *Vorticella similis* Stokes, 1887—Noland, 1931 的数量季节变化

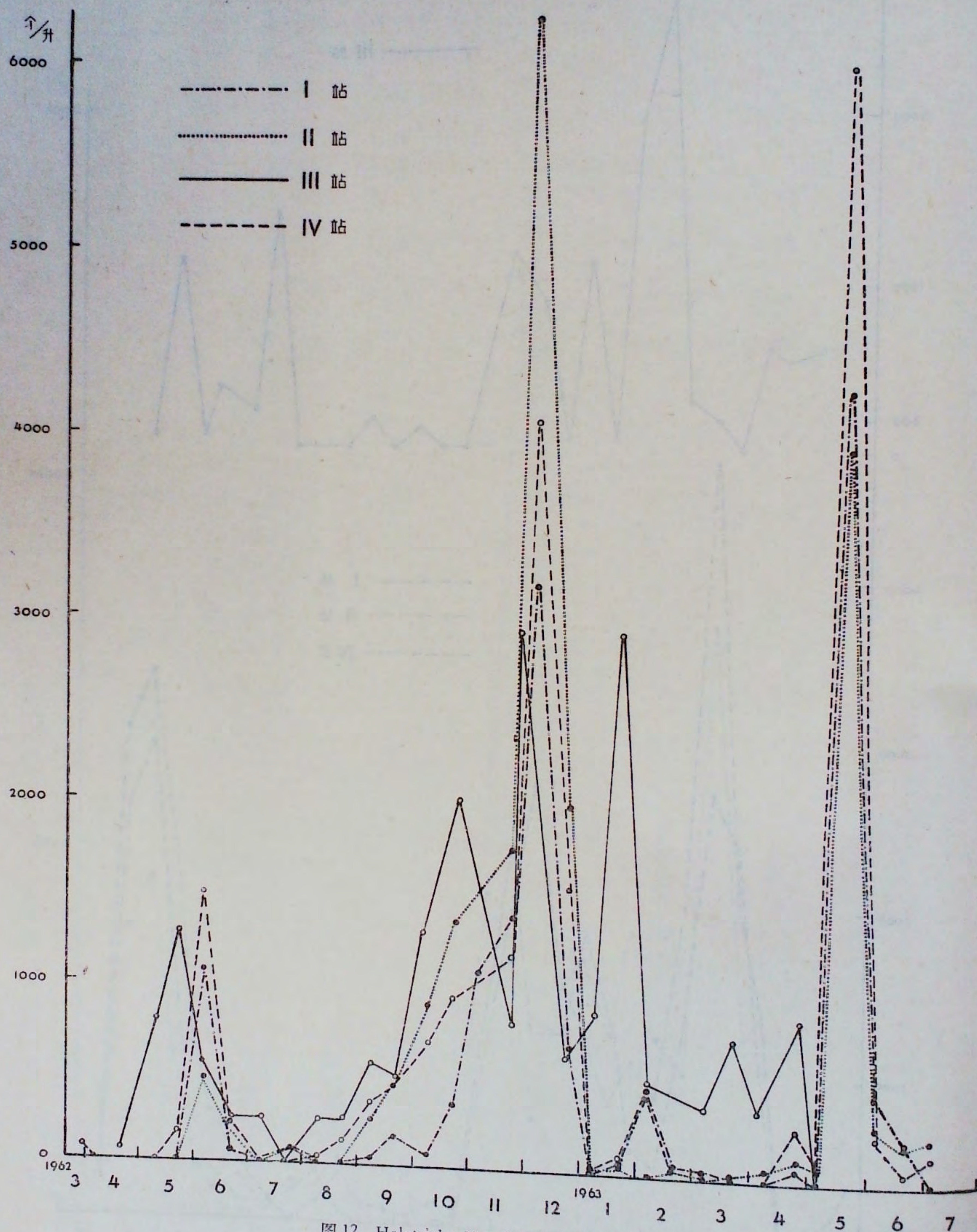


图 12 Holotricha No. 2 的数量季节变化

总的春、秋季高峰同时出现。*Cyclidium citrullus* 对温度适应的范围亦较宽，既在冬季 2 月水温 6°C (I、IV 两站) 和秋季 11 月水温 7.5°C (III 站) 时形成高峰，又能在春季 4 月水温 23°C (III 站) 时繁殖。*Cyclidium citrullus* 在 I、IV 两站全年均较少，而在冬季 2 月份大量繁殖，这显然是与食料(细菌)有关。下面将详细讨论。

③ *Vorticella similis* (图 11)：除了有很多自由游泳的 Telotroch 以外，它大都着生于

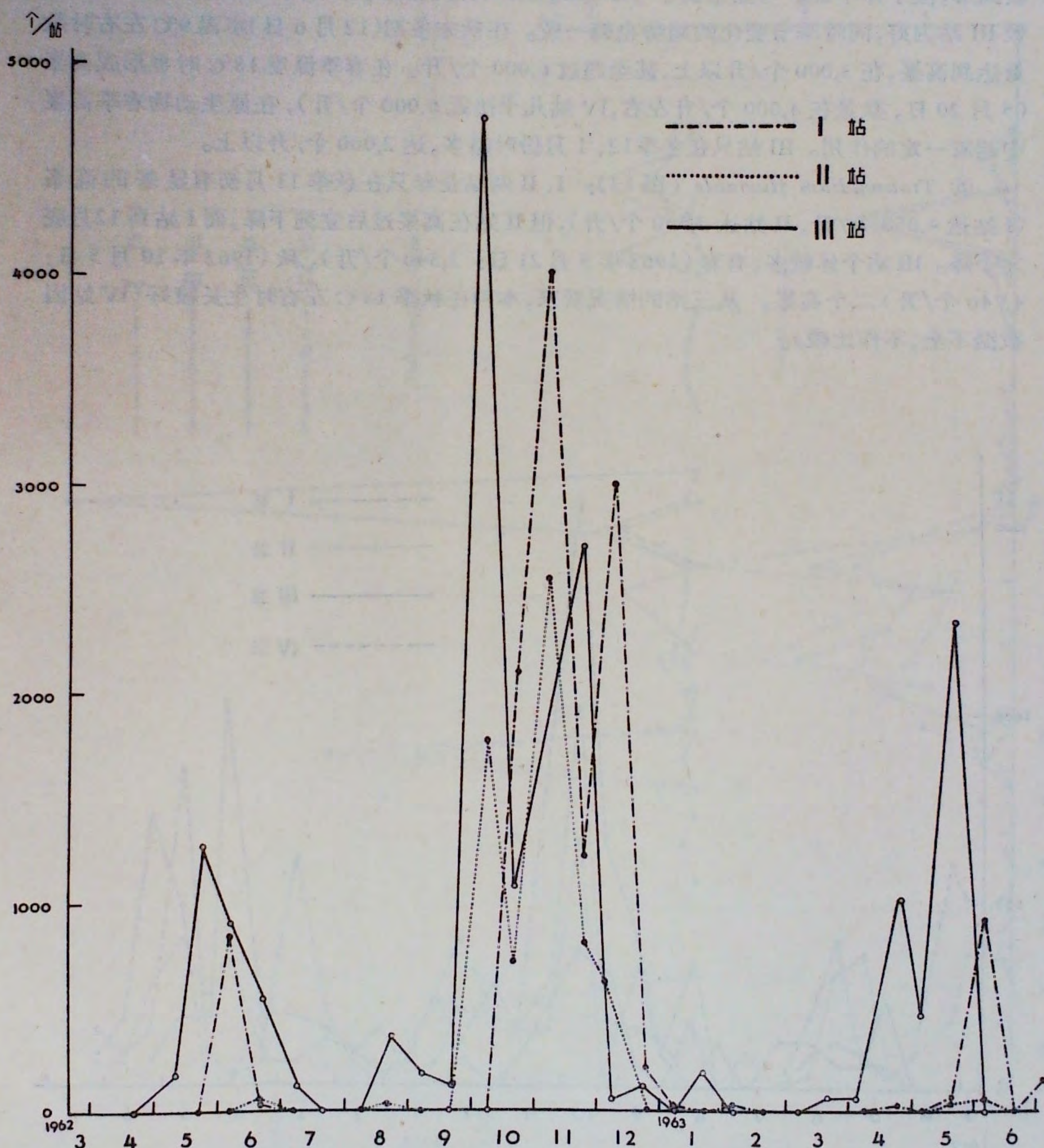


图 13 *Tintinnidium fluviale* Stein, 1863 的数量季节变化

蓝藻 *Anabaena*, *Microcystis*, 硅藻 *Melosira* 上面, 当这些藻类流行时这种纤毛虫往往也就较多。I、II、IV 三站从夏季 6 月到秋季 11 月数量均很多, 高峰是在 6 月 (3,000—4,000 个/升左右) 和 10 月 (2,000 个/升以上)。第 III 站本种生长差些, 在夏季 7 月份较多, 在 2,000 个/升以上。一般地说, 本种在水温高达 22—32°C 时生长比较良好。

④ *Holotricha* No. 2 (图 12): 此种纤毛虫未能鉴定。用鲁哥氏液固定后形成 22 微米长, 17 微米宽椭圆形的个体。除全身覆盖了纤毛外, 还有一根位于后端的长尾毛。大核圆形, 位于体中部。可能是属于 *Holophryidae* 科内的成员。本种在 I、II、IV 三站生长较 III 站为好, 同时季节变化的趋势也较一致。在秋末冬初 (12 月 6 日) 水温 9°C 左右时数量达到高峰, 在 3,000 个/升以上, 甚至超过 6,000 个/升。在春季温度 18°C 时也形成高峰 (5 月 20 日, 数量在 4,000 个/升左右, IV 站几乎接近 6,000 个/升), 在原生动物春季高峰中起着一定的作用。III 站只在冬季 12、1 月份时略多, 达 2,000 个/升以上。

⑤ *Tintinnidium fluviatile* (图 13): I、II 两站全年只在秋季 11 月初有显著的高峰 (I 站达 4,050 个/升, II 站达 2,550 个/升), 但 II 站在高峰过后立刻下降, 而 I 站到 12 月底才下降。III 站个体较多, 有春 (1963 年 5 月 21 日: 2,340 个/升), 秋 (1962 年 10 月 5 日: 4,740 个/升) 二个高峰。从三站的情况看来, 本种在秋季 18°C 左右时生长较好 (IV 站因数据不全, 不作比较)。

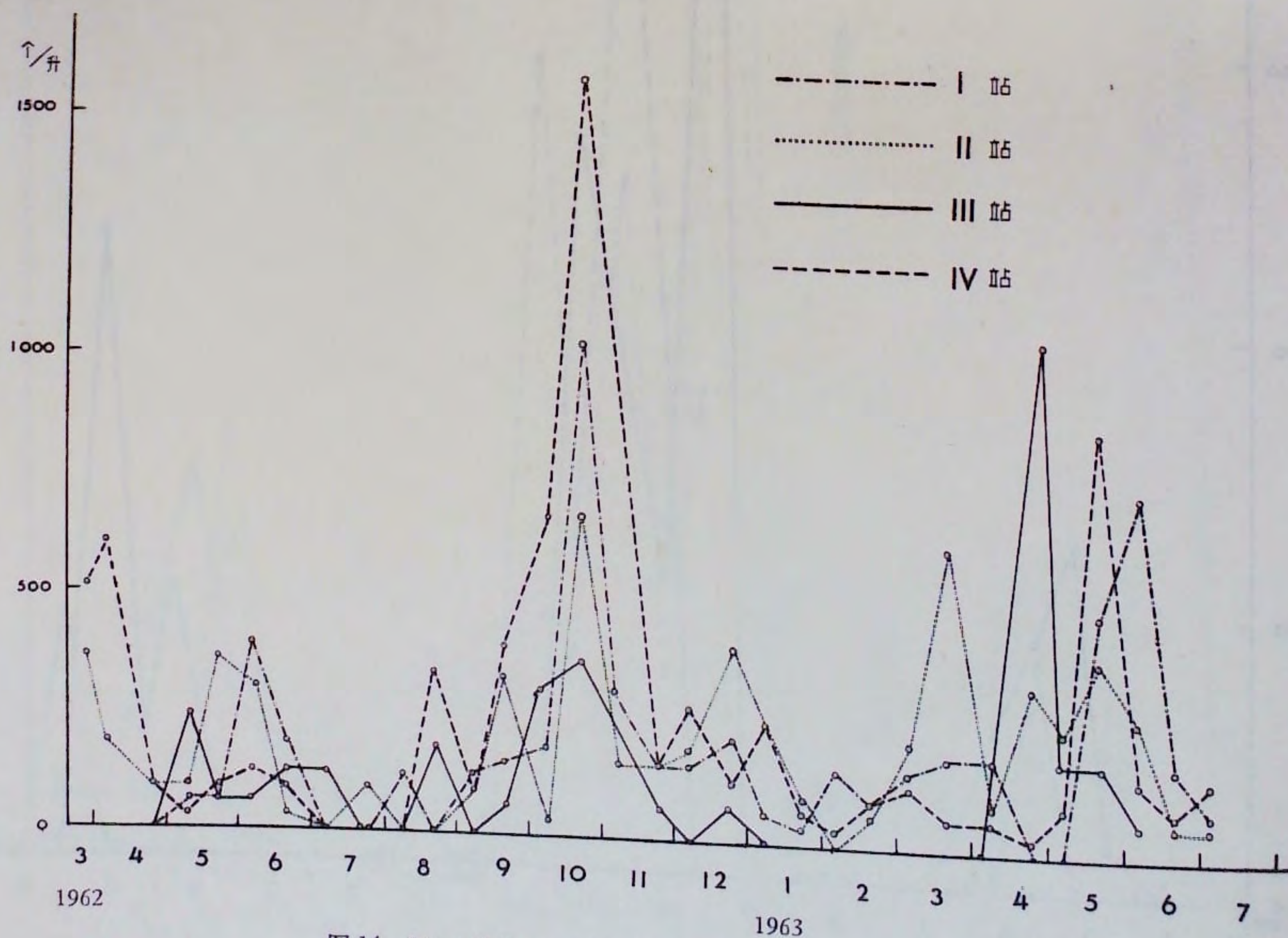
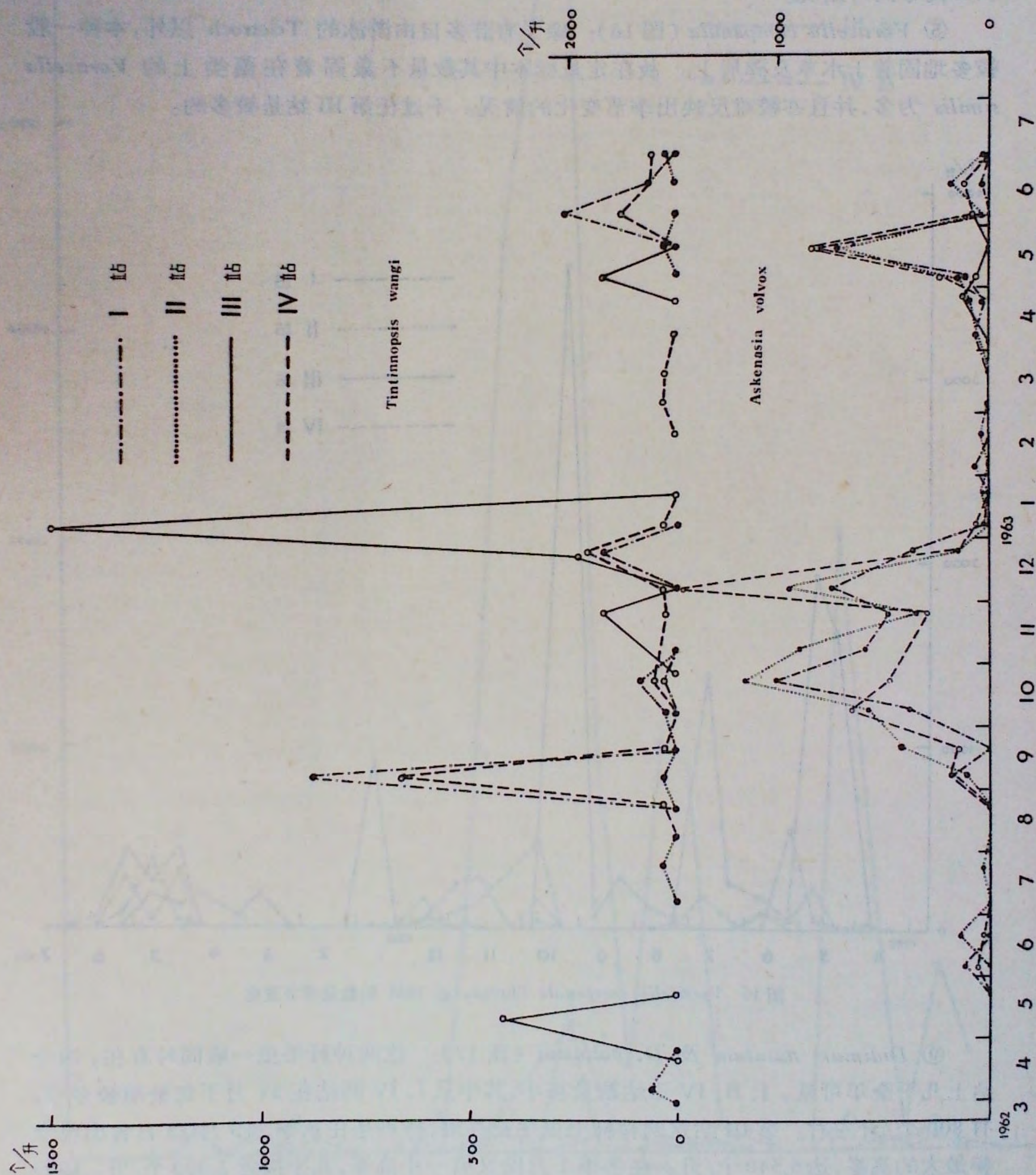


图 14 *Strombidium viride* Stein, 1859 的数量季节变化

图 15 *Tintinnopsis wangi*, Nie, 1933 及 *Askenasia volvox* Clap. & L., 1858 的数量季节变化



⑥ *Strombidium viride* (图 14): 本种在 II、III 两站生长较差, 在 I、IV 两站生长好些。在秋季 10 月 22 日, I、II、IV 三站都有大小不等(1,000—1,500 个/升左右)的高峯, 它在总的秋季高峯中亦起了一定的作用。

⑦ *Askenasia volvox* (图 15): 本种在第 III 站十分稀少, 在 I、II、IV 三站较多。春季 5 月及秋季 10 月底至 12 月初较多, 约 1,000 个/升左右。此二高峯与原生动物总数的春、秋二高峯同时出现。

⑧ *Vorticella campanula* (图 16): 除了有許多自由游泳的 *Telotroch* 以外, 本种一般较多地固着于水草及碎屑上。故在定量标本中其数量不象固着在藻类上的 *Vorticella similis* 为多, 并且亦较难反映出季节变化的情况。不过在第 III 站是较多的。

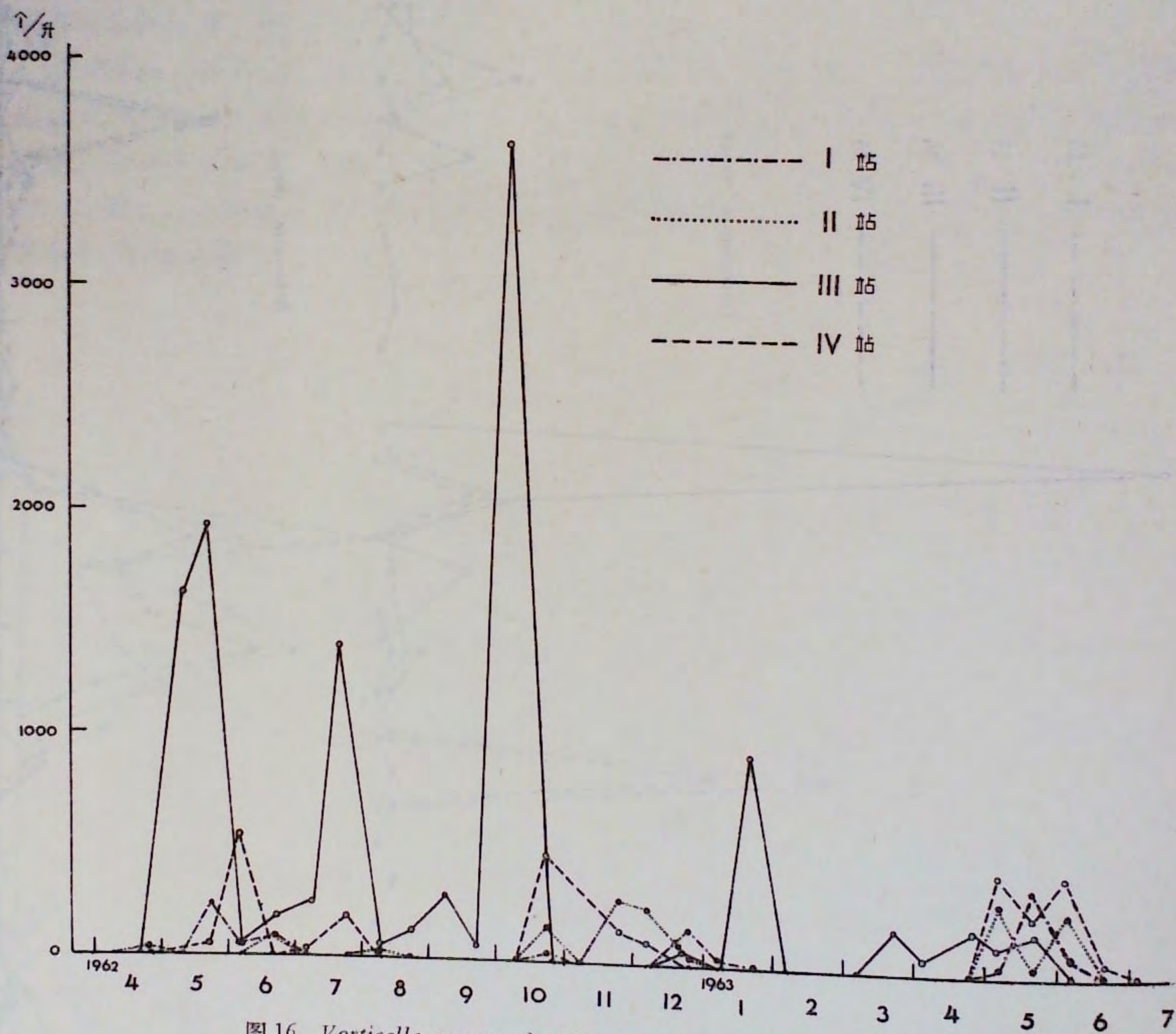


图 16 *Vorticella campanula* Ehrenberg, 1831 的数量季节变化

⑨ *Didinium nasutum* 及 *D. balbianii* (图 17)。这两种纤毛虫一般同时存在, 四个站上几乎全年可见。I、II、IV 三站数量甚小, 其中只 I、IV 两站在 11 月下旬繁殖较多些, 有 800 个/升左右。第 III 站这两种纤毛虫生长甚好, 特别是在秋季, 10 月 23 日曾出现全年最大的高峯, 达 6,540 个/升。在冬季 1 月份又有一小高峯, 几乎接近 2,000 个/升。1963 年春季 4 月 4 日也出现 3,000 个/升的高峯。三者分别与该站原生动物总的春、秋、冬三

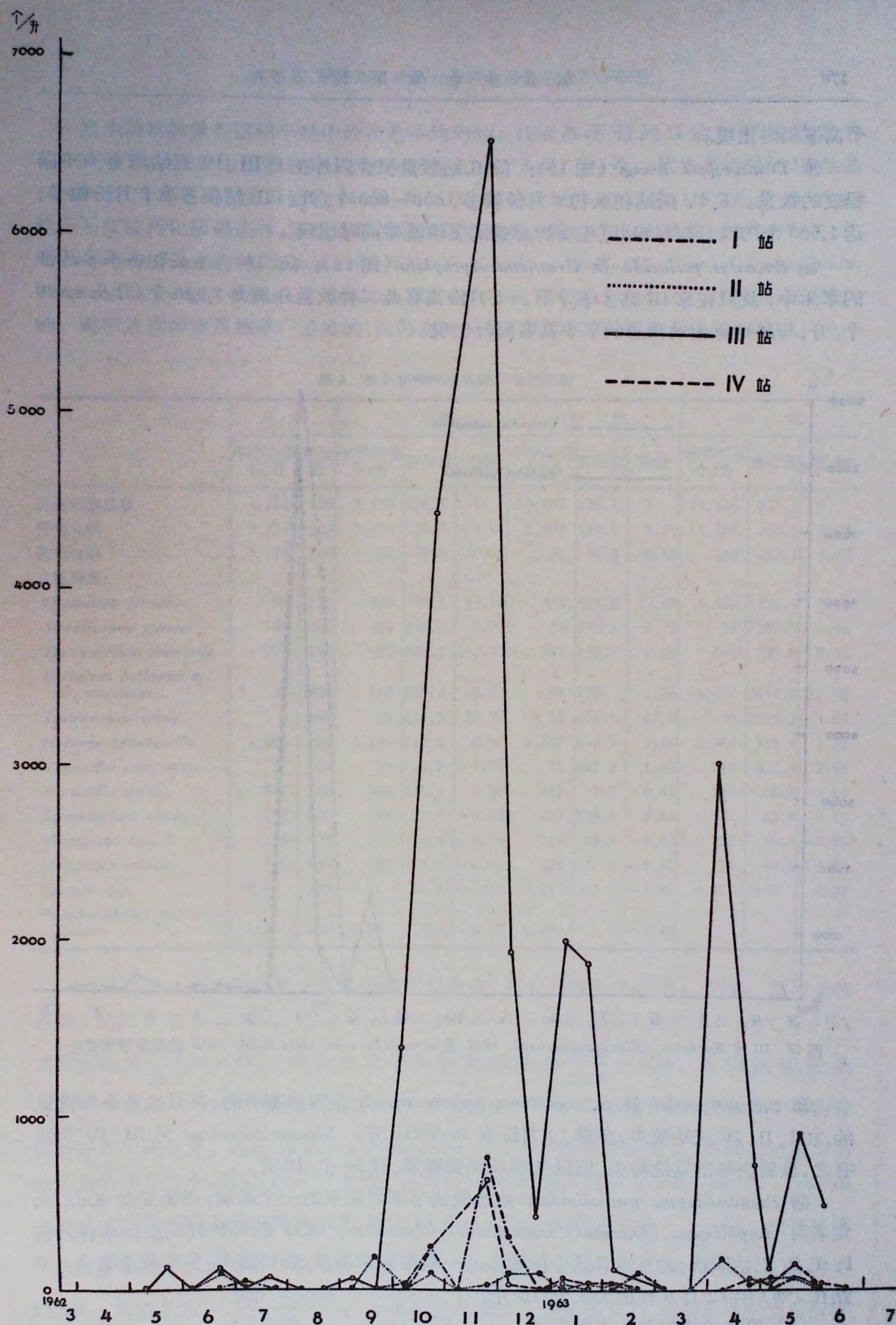


图 17 *Didinium nasutum* O. F. Müller, 1786 及 *D. balbianii* Fabre-Dom, 1888 的数量季节变化

个高峰同时出现。

⑩ *Tintinnopsis wangi* (图 15): 除 II 站数量很少以外在 I、III、IV 三站均各有不同程度的数量。I、IV 两站在秋初 9 月份较多, 600—800 个/升。III 站在冬季 1 月份较多, 达 1,500 个/升。这与该站原生动物总量的冬季高峰同时出现。

⑪ *Enchelys pellucida* 及 *Urotricha saprophila* (图 18): 此二种喜生长在冬季多污性的水体中, 故只在第 III 站冬季才有。1 月份高峰此二种数量分别为 7,980 个/升及 8,880 个/升, 与该站原生动物总的冬季高峰同时出现。

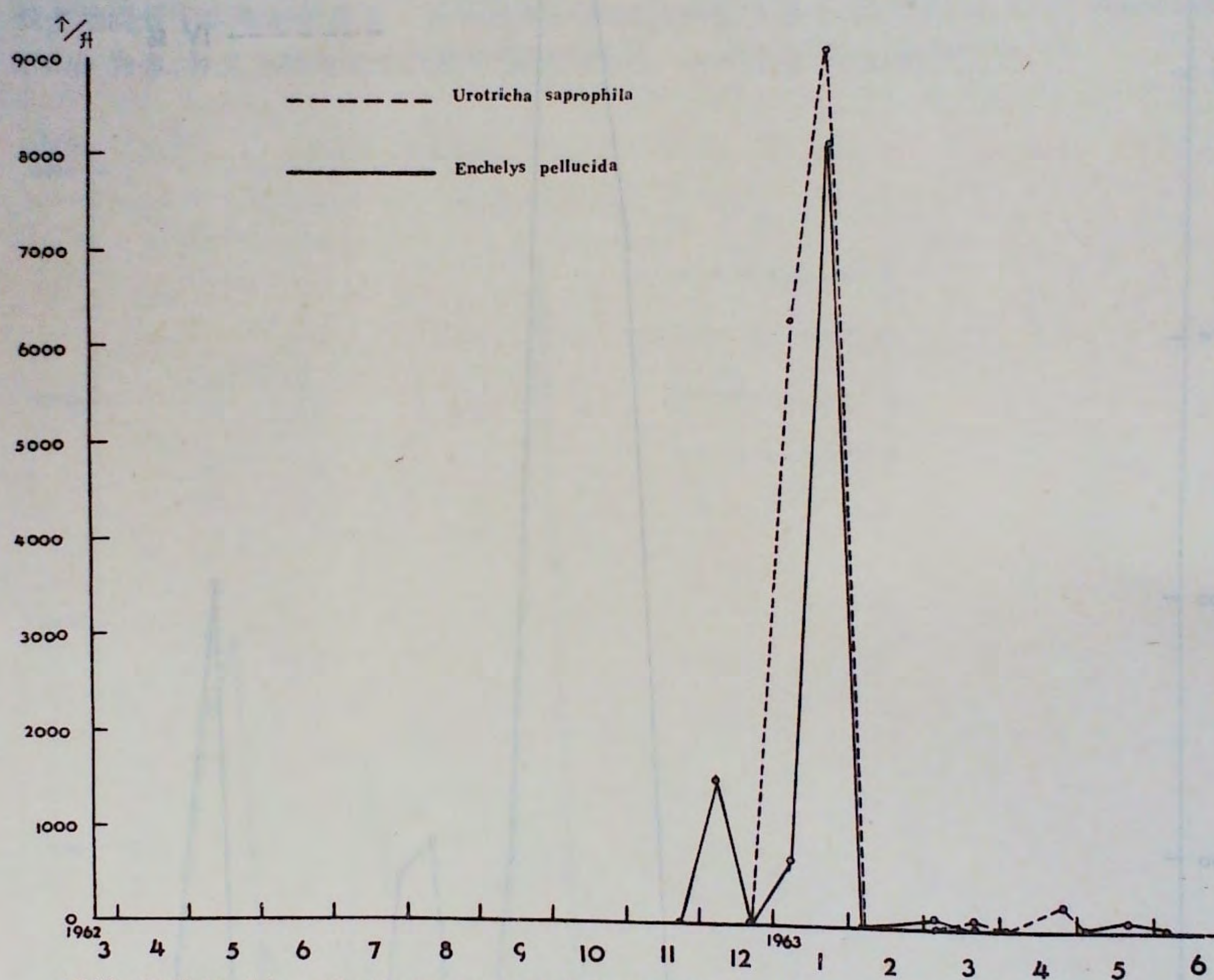


图 18 III 站 *Enchelys pellucida* Eberhard, 1862 及 *Urotricha saprophila* Kahl, 1930 的数量季节变化

⑫ *Stentor roeseli* 及 *S. coeruleus*: *Stentor roeseli* 是四站都有的, 并且也是全年常见的, 在 I、II、IV 三站较多, 冬季 12 月份有 36 个/10 升。 *Stentor coeruleus* 只 III、IV 两站有之, 虽属全年常见的种类, 但以冬季及春初较多, 有 34 个/10 升。

⑬ *Pseudodileptus trachelioides*: 这是倪达书即将发表的一个新属, 用来安置 Kahl 氏定名为 *Amphileptus* (*Dileptus*) *trachelioides* (Zacharias) 1893 的那种纤毛虫。本种只在 I、II、IV 三站发现, 并且以 II 站个体较多。一般在秋末出现, 春初消失, 冬季数量最多。II 站在 1962 年 12 月 6 日达 184 个/10 升。

(3) 原生动物数量的水平分布

原生动物数量在这四个站中分布是不均匀的。代表寡污带的 II 站年平均数量为 4,270 个/升。代表中污带的 I、IV 站分别是 5,403、5,497 个/升。代表多污带的 III 站是 14,326 个/升。如果以第 II 站为 100%，则 I、IV、III 站分别为 126.5%、128.7% 及 335.5%。这正是反映污化级递进时，原生动物数量也随之增加。其中四个采样站上的共有种类，如 *Halteria grandinella*, *Cyclidium citrullus*, *Tintinnidium fluviatile*, *Vorticella campanula*, *Tintinnopsis wangi*, *Didinium nasutum*, *D. balbianii* 等的数量也是随污化级递进而增加的。说明这些种类虽然是广适性的，但仍喜生长在有机质较高、较为污化的环境中。

表 3 各主要种类在各站分布的指数

	II 站		I 站			IV 站			III 站		
	年平均量 个/升	百分比	年平均量 个/升	百分比	指数	年平均量 个/升	百分比	指数	年平均量 个/升	百分比	指数
原生动物总数	4,270	100	5,403	126.5	1	5,497	128.7	1	14,326	335.5	1
纤毛虫纲	4,214	100	5,351	126.9	1.01	5,444	129.1	1.01	14,266	338.5	1.08
肉足虫纲	56	100	52	92.8	-0.27	53	94.6	-0.18	60	107.1	0.03
主要种类:											
<i>Cyclidium citrullus</i>	90	100	428	475.5	14.16	446	495.5	13.78	1,380	1533.3	6.08
<i>Strobilidium gyrans</i>	40	100	80	200.0	3.77	53	132.5	1.13	79	197.5	0.41
<i>Tintinnidium fluviatile</i>	275	100	485	176.3	2.87	381	138.5	1.34	641	233.0	0.56
<i>Didinium balbianii</i> & <i>D. nasutum</i>	36	100	150	319.4	8.22	54	150	1.74	1,096	3044.4	12.50
<i>Tintinnopsis wangi</i>	9	100	59	655.5	20.96	55	611.1	17.8	95	1055.5	4.05
<i>Halteria grandinella</i>	1,064	100	1,199	112.6	0.47	1,237	116.2	0.56	5,465	513.6	1.75
<i>Vorticella campanula</i>	55	100	29	52.7	-1.78	81	147.2	1.64	344	625.4	2.65
<i>Vorticella similis</i>	816	100	900	121.3	0.80	810	99.2	-0.02	545	66.7	-0.14
<i>Strombidium viride</i>	194	100	193	99.4	-0.02	239	123.1	0.80	123	63.4	-0.15
<i>Holotricha</i> No. 2	730	100	514	70.4	-1.11	720	98.6	-0.04	725	99.3	-0.002
<i>Askenasia volvox</i>	245	100	205	83.6	-0.61	223	91.0	-0.31	11	44.8	-0.23
<i>Stentor</i> spp.	0.35	100	0.11	31.42	-2.58	0.21	60	-1.39	0.35	100	0.00
<i>Pseudodileptus trache-</i> <i>lioides</i>	1.25	100	0.04	3.20	-3.65	0.19	1.52	-3.43			

为了更进一步比较这些主要种类的水平分布，可以用指数来说明。例如：原生动物总数 I 站比 II 站大 26.5%。其中 *Halteria grandinella* 的数量第 I 站比第 II 站大 12.6%，则其指数为 $\frac{12.6}{26.5} = 0.47$ 。依此法算出第 IV 站指数是 $\frac{16.2}{26.5} = 0.56$ ，第 III 站指数是 $\frac{413.6}{235.5} = 1.75$ 。如果指数为 1，说明此种纤毛虫在这二个站上的分布比例和原生动物总数的分布比例一样。在此 *Halteria grandinella* 的数量分布指数说明 I、IV 两站比原生动物总量的分布为小，而 III 站则要大些。又如：*Stentor* spp. (包括 *S. coeroleus* 和 *S. roeseli* 二种)，在 III 站和 II 站的数量相等，都是 35 个/10 升。则其指数是 $\frac{0}{235.5} = 0$ 。如果比第 II 站数量少的，则求出的指数是负数。如 *Askenasia volvox* 在 I 站的数量只及 II 站的 83.6%。其指数是 $-\frac{100 - 83.6}{26.5} = -0.61$ 。从表 3 上可见在 I、IV 两站其水平分布指数

大于1的有 *Cyclidium citrullus*, *Didinium nasutum*, *D. balbianii*, *Strombilidium gyrans*, *Tintinnidium fluviatile*, *Tintinnopsis wangi*。在第 III 站中其水平分布指数大于1的有 *Cyclidium citrullus*, *Didinium balbianii*, *D. nasutum*, *Halteria grandinella*, *Tintinnopsis wangi*, *Vorticella campanula*。

(二) 湖泥中的原生动物

1. 在湖泥中共找到原生动物 35 种(纤毛虫纲 23 种,肉足虫纲 11 种,动物性鞭毛虫亚纲 1 种,见表 4)。这些种类分布在第 III 站最多(34 种),第 IV 站次之(14 种),第 II 站最少(9 种)。在第 III 站常见而又较多的种类依次排列为: *Colpoda cucullus*, *Cyrtolophosis mucicola*, *C. elongata*, *Cyclidium citrullus*, *Halteria grandinella*, *Gonostomum affine*, *Oxytricha fallax*, *Vorticella octava*, *Spathidium truncatum*, *Amoeba radiosa*, *Cercobodo simplex*。在第 IV 站较为常见而又略多的种类依次为 *Colpoda cucullus*, *Cyrtolophosis elongata*, 但数量比 III 站少得多。第 II 站所有的全部种类都只看到过 1 次,并且数量也极少。

2. 从相对数量(表 5)比较,无论何种培养基,全年中每次纤毛虫的量级,IV 站比 II 站大,而 III 站又比 IV 站大;肉足虫纲和动物性鞭毛虫亚纲绝大部分也是符合这一情况的。根据上表,还可综合各等级遇见的次数如下:

		0 级	1 级	2 级	3 级	4 级	5 级
纤毛虫纲	II 站:	24					
	IV 站:	19	4	1			
	III 站:	1	7	10	5	1	
肉足虫纲及动物性鞭毛虫亚纲	II 站:	17	3	3			
	IV 站:	4	12	5	3		1
	III 站:	1	10	6	1	4	2

纤毛虫纲在 II 站全年都是 0 级;IV 站大部分是 0 级,少数是 1 级;而 III 站 0 级极个别,大部分是 2 级及 1 级。肉足虫纲及动物性鞭毛虫亚纲在 II 站大部分是 0 级,IV 站大部分是 1 级,III 站大部分是 1、2 级,还有些是 4、5 级。由此可以推论,泥中的原生动物在数量上也是以 II 站(寡污带)最少,IV 站(中污带)多些,III 站(多污带)最多。

在湖泥的垂直分层采集中,II、IV、III 三站的淤泥性质彼此略有不同。II 站泥中植物根系少,10 厘米以上为墨绿色,10 厘米以下就带深褐色,20 厘米以下更褐而粘。III 站的表层泥比 II 站的表层泥含较多的植物根系,泥亦较软,但在 15 厘米起就有沙质成分,20 厘米起泥坚实。20 厘米以上各层的泥色都是墨绿色,植物根系一直分布到 15 厘米。IV 站泥内的植物根系比 III 站还要多而深,一直分布到 20 厘米。泥呈墨绿色,15 厘米以下深褐色。25 厘米以下为坚实泥。此外,III 站表层的泥有 H_2S 臭味,其余各站均无此味。根据各站泥质的不同情况,原生动物生长情况亦有不同。湖泥原生动物分层培养中(表 6),纤毛虫纲在 II 站从泥表层一直到 30 厘米深处都是 0 级。IV 站泥表层稍有一些,一般的生长。肉足虫纲及动物性鞭毛虫亚纲在 II 站一般在 5 厘米之内有些生长,越深就越差,0 级很多。IV 站比 II 站略好,0 级亦少,有的能在 20 厘米深处还有些生长。III 站一直深到 30 厘米各层都有不同等级的生长,并且一般都是上层等级较高,0 级很少。

表 4 湖泥中原生动物种类组成(十表示数量较多)

[illegible]

表5 湖泥中原生动物相对数量*的比较

类别	培养基站别		月份		X/62'	XI	XII	I/63'	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
			级别	别												
纤毛虫纲	无机盐液	II			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			IV		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
			III		1	2	2	1	1	1	1	2	0	2	1	2
	草浸出液	II			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			IV		0	1	0	0	0	0	0	1	0	2	0	1
			III		2	3	2	3	4	3	3	3	2	2	1	2
性鞭毛虫亚纲及肉足虫纲动物	无机盐液	II			2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
			IV		1	2	1	1	1	0	2	1	1	1	1	2
			III		4	2	2	1	2	0	2	1	2	1	1	1
	草浸出液	II			5	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0
			IV		2	0	3	0	3	0	3	2	1	1	1	1
			III		5	5	4	4	3	1	4	1	2	1	1	1

* 0.1毫升培养液定量标本内未数到的为0级，数到10个以下为1级，50个以下为2级，100个以下为3级，500个以下为4级，500个以上为5级。

表6 分层泥样中原生动物相对数量*的比较

类 别	月份 泥层 (厘米) 培养 站 别		1962年10月上旬							1963年1月上旬							1963年4月上旬							1963年7月上旬																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
			表 层	5	10	15	20	25	30	表 层	5	10	15	20	25	30	表 层	5	10	15	20	25	30	表 层	5	10	15	20	25	30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
纤 毛 虫 纲	无机盐液	II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0</

* 见表5注解。

四、討 論

(一) 原生动物的季节变化

关于原生动物数量季节变化已有很多学者如王家楫(1928)^[28], Wetzel氏(1928)^[30], Bick氏(1958)^[14], Bamforth氏(1958)^[13]等进行过比较全面的研究,并提出了纤毛虫一年有1—2个甚至3个高峰等不同的看法。但是以上这些工作都是在很浅的(不超过60厘米

米)水潭或池塘内进行的。还有一些作者提出根本不存在纤毛虫数量季节变化,如 Birge and Juday 氏(1911)^[15], Raymond 氏(1907)^[25], Kraatz 氏(1941)^[20] 和 Pennak 氏(1946, 1949)^[23,24]。本文作者之一(沈韞芬 1960, 1963)^[12,4] 于 1958 年 3 月起至 1960 年 2 月止在苏联列宁格勒选择了涅瓦河(Река Нева), 欢乐湖(Озеро Отрадное), 晶体塘(Кристателлевый пруд)和馬氏塘(Мардвиновский пруд)四个水体进行了纤毛虫生态研究。这四个水体的类型各不相同,既代表了河、湖、池塘三种形成,又恰好有四級污化度的区别,即多污带, α -中污带, β -中污带及寡污带。既有非生物因子(氧、二氧化碳、有机物、硫化氢)全年变化激烈的水体,又有变化很小的水体。但是却都反映出纤毛虫数量季节变化的共同规律——春、秋二个高峰(二年循环均一致)。本文所报导的东湖原生动物数量季节变化基本上亦符合上述的共同规律。在开阔和近岸区的 I、II、IV 三站 1962 年内都是春、秋二个高峰,夏、冬季是低潮。在 1963 年上半年内又重复地观察到春季高峰,并进入夏季低潮。此外,原生动物种类的出现也是在春、秋二季最多。但必须指出,由于环境不同,除了反映出原生动物季节变化的共同规律以外,又有特殊性。I、IV 两站在冬季 2 月份出现了仅由一种 *Cyclidium citrullus* 引起的小高峰。在封闭区的 III 站除春、秋高峰以外,还有数量很高的冬季高峰。关于以上这些特点下文将进行讨论。

(二) 环境因子的影响

1. 代表三种环境类型的四个站中,生物因子与非生物因子各有异同。溶解于水中的氧及二氧化碳(图 19),在 I、II、IV 三站中比较一致。溶解氧全年都较丰富,夏季 7、8 月

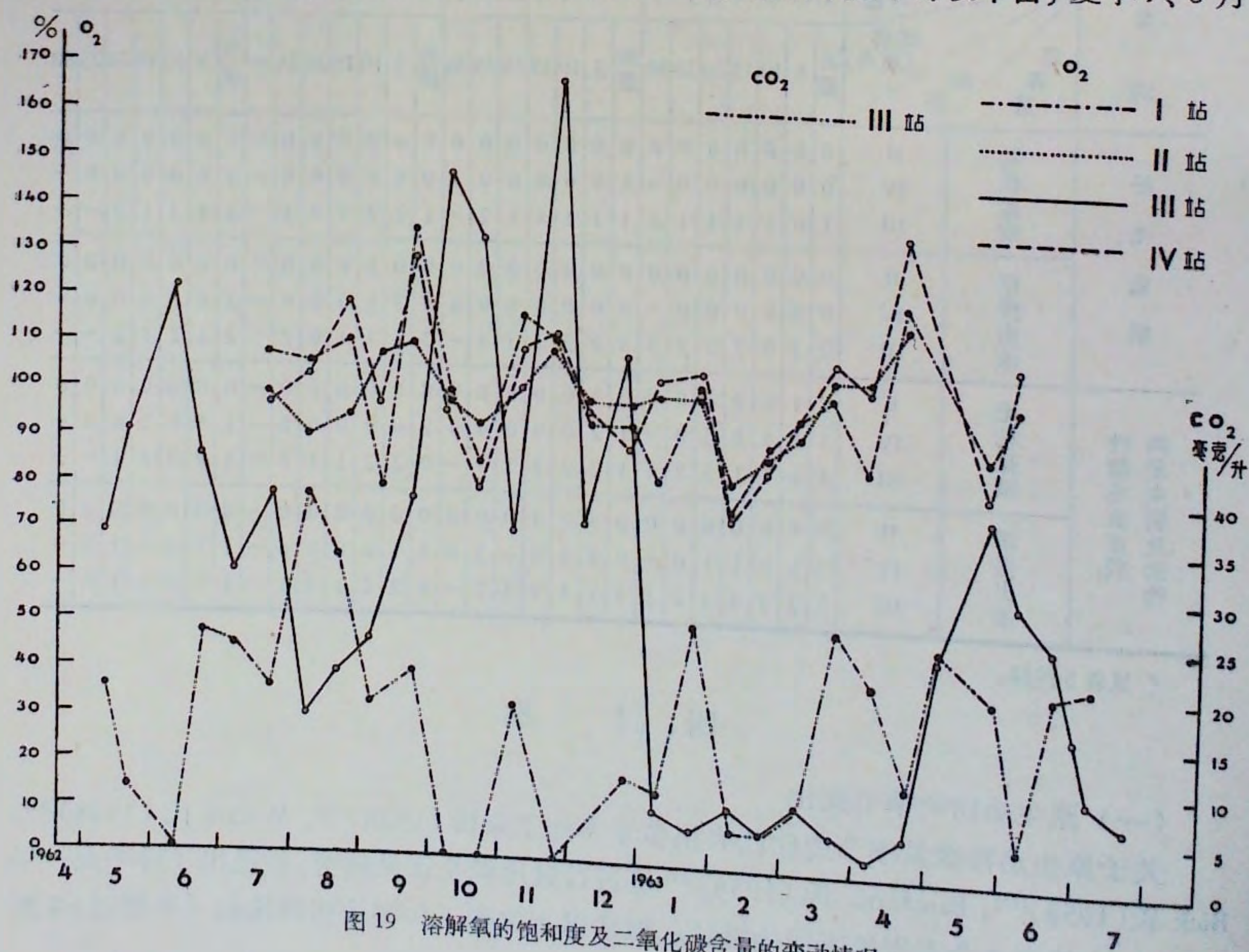


图 19 溶解氧的饱和度及二氧化碳含量的变动情况

份氧的饱和度可达 130%。冬季 1 月份最低, 饱和度也有 70%。二氧化碳从 4 月初开始就很少, 以后一直到 12 月份都没有。根据 1956、1957 年的资料 (丘昌强等)^[2] 冬季二氧化碳含量约 1.5 毫克/升左右, 3 月底达全年最高量时也仅在 4 毫克/升以下。但是 III 站的情况就很不同。溶解氧在春秋很高, 尤其是秋季, 最高时饱和度可达 160%。夏季 7、8 月份溶解氧降低, 其饱和度只剩 30%。冬季 12 月起至春初 3 月份氧的饱和度只剩 10% 左右, 而且全年几乎都有二氧化碳, 以夏季 7 月和冬季最高, 可达 25 毫克/升以上。水中溶解有机物质的情况在 I、II、IV 三站比较相似 (图 20)。IV 站有机物含量一般比其他两站略高, 冬季 1、2 月份最高时, 也只在 7 毫克 O_2 /升以下。III 站的有机物含量全年都比其他各站高得多, 冬季 2 月份最高, 几乎达到 11 毫克 O_2 /升。

根据平板法培养结果, 从图 21、22 可见湖水、湖泥细菌的数量¹⁾都是 IV 站比 II 站大, III 站又比 IV 站大。

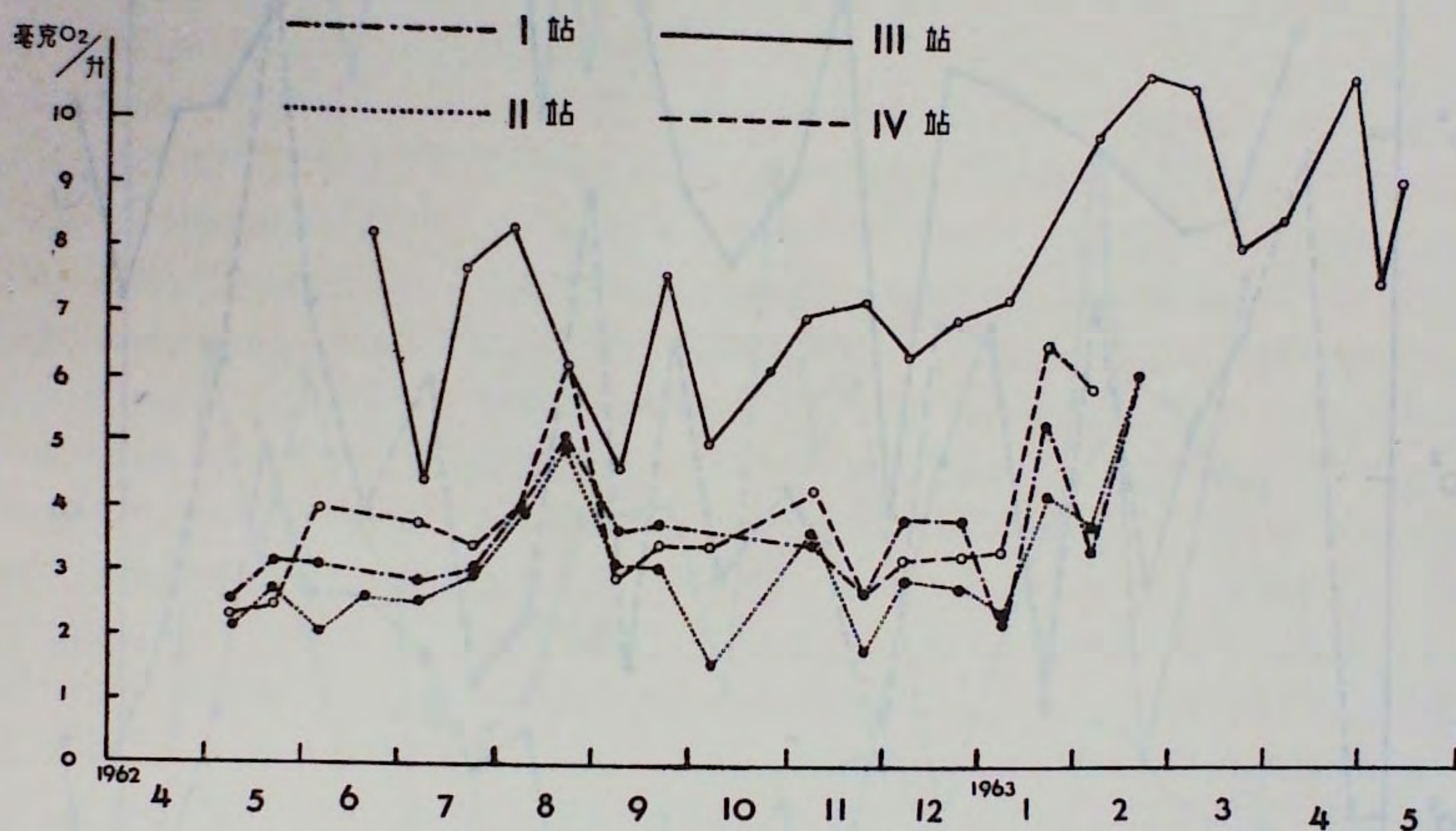


图 20 有机物耗氧量的变动情况

2. 关于原生动物生长的因子, 特别是限制因子, 历来很多科学工作者们各有不同的看法。Noland 氏(1925)^[22]认为控制纤毛虫生长的限制因子不是温度、氧气, 而是食料。而 Lackey 氏(1938)^[21]却认为限制因子是氧气。Darby 氏(1929)^[16]则认为是 pH。Hayaski 氏(1958)^[18]认为生源物质如氮、磷直接控制了 *Paramecium bursaria* 和 *P. caudatum* 的生长。甚至还有 Gray 氏(1951)^[17]提出月光的光照对 *Stylonychia mytilus* 生长有影响。Wetzel 氏(1928)^[30]及 Bick 氏(1958)^[14]则强调落叶通过细菌而促进了纤毛虫的生长, 因此认为生物因子是主要因子。沈韞芬(1960, 1963)^[12, 4]曾提出首先要了解原生动物所在的水体的类型, 其次再进一步分析影响其生长的限制因子, 这类因子的性质有时可能是生物的, 有时可能是非生物的, 也有时可能是错综交叉的。东湖是属于富营养性的浅水中型湖泊。

1) 细菌数据是由本所冯百洲等同志提供的, 特此表示感谢。

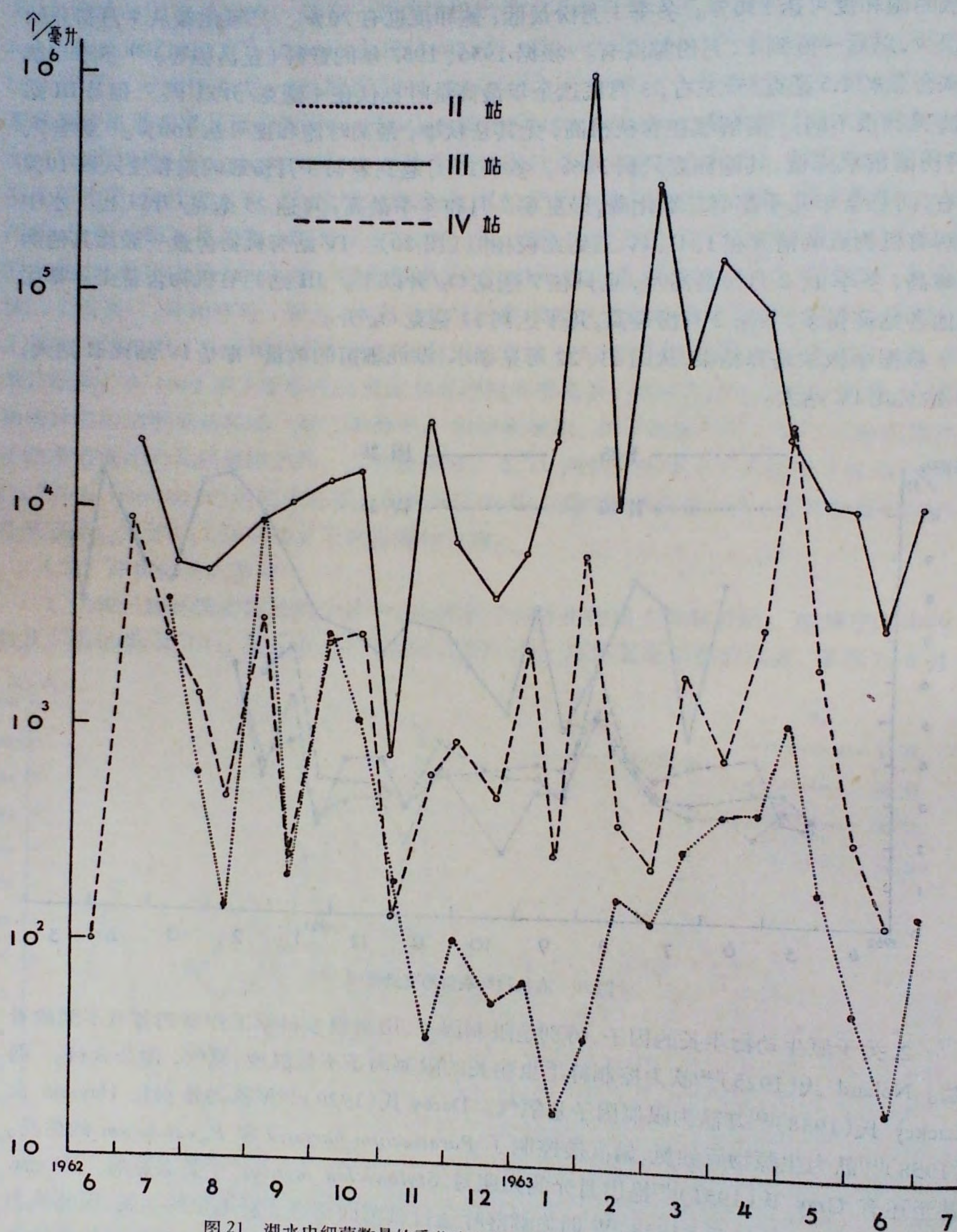


图 21 湖水中细菌数量的季节变化(曲线用常用对数 $\log_{10}$ 表示)

但本文所設各站,其生物与非生物因子亦仍有显著差异。因此,这些因子起的作用亦很不相同。現分別討論如下:

(1) 温度对原生动物生长的影响: 东湖的開闊和近岸区各站(I、II、IV 站)的春秋高峰正是反映出这二个季节的水温适合于大多数原生动物的生长。但是高峰的形成是由許

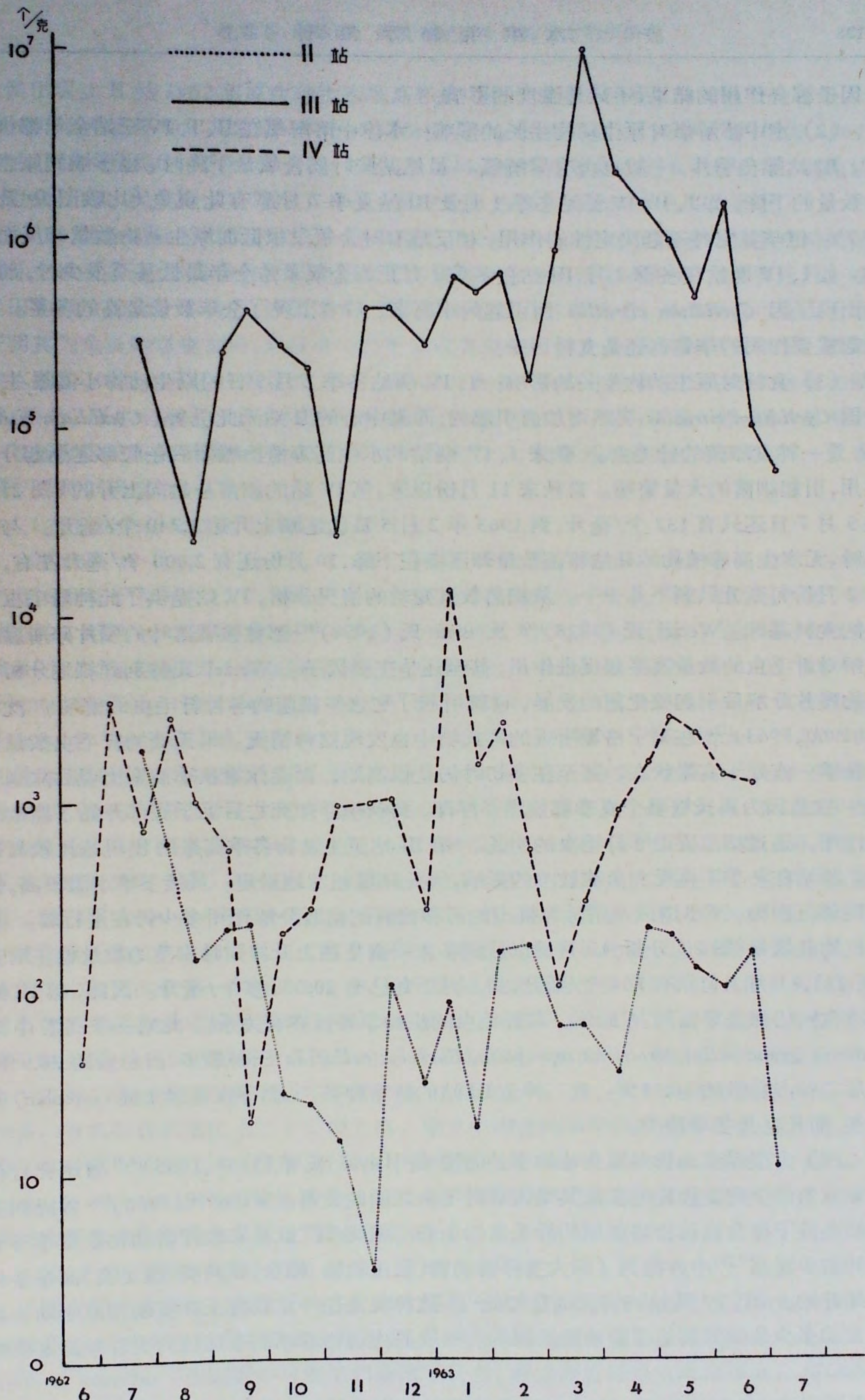


图 22 湖泥中细菌数量的季节变化(曲线用常用对数 $\log_{10}$ 表示)

多因子综合作用的结果,不只是温度的影响。

(2) 水中溶解氧对原生动物生长的影响: 水体中溶解氧在 II、I、IV 三站全年都很丰富。III 站除冬季外,一般也含有溶解氧。虽然某些时候含氧量下降时,也影响到原生动物数量的下降,如 I、II、IV 三站冬季 1 月及 III 站夏季 7 月都有此现象(比较图 19 及图 3、7)。但毕竟它并不起决定性的作用,相反地有时含氧量很低而原生动物数量却反而增加。如 I、IV 两站在冬季 2 月,III 站在冬季 1 月正当含氧量是全年最低甚至很少时,前者却出现了因 *Cyclidium citrullus* 而引起的小高峰,后者出现了全年数量最高的冬峰。在此起重要作用的毕竟也还是食料因子。

(3) 食料对原生动物生长的影响: I、IV 两站冬季 2 月 5 日的原生动物小高峰主要是因 *Cyclidium citrullus* 突然增加而引起的;而湖中心的 II 站无此现象。*Cyclidium citrullus* 是一种食细菌的纤毛虫。秋末 I、IV 两站的水生高等植物凋谢后在底部逐渐起分解作用,引起细菌的大量繁殖。自秋末 11 月份以来,第 IV 站的细菌是趋向上升的(图 21),在 9 月 7 日还只有 137 个/毫升,到 1963 年 2 月 5 日已逐渐上升达 9,740 个/毫升。与此同时,无水生高等植物的 II 站细菌数量却逐渐在下降,10 月份还有 2,000 个/毫升左右,到 1、2 月份每毫升只剩下几十个。从细菌数量变动的情况分析,IV 站提供了此种纤毛虫生长的食料基础。Wetzel 氏(1928)^[30]及 Bick 氏(1958)^[41]都曾强调落叶的残片碎屑腐败分解对纤毛虫的数量高峰起促进作用,甚至还是主要因子。Wetzel 氏特别详细地分析了植物残片分解后引起硫化菌的发展,也就引起了吃这些细菌的各种纤毛虫的繁殖。沈韞芬(1960,1963)^[12,41]在列宁格勒附近的马氏塘中也发现这种情况。马氏塘的纤毛虫数量整个秋季一直处于高峰状态,甚至在冬初时仍是很高的,而晶体塘秋季高峰出现后立刻下降。这是因为马氏塘整个夏季都盖满了浮萍,到秋季浮萍死亡后沉于底部开始了腐败分解作用,通过细菌促进了纤毛虫的生长。第 III 站原生动物冬季高峰的出现是比较复杂的。该站在冬季不再受到鱼池放水的影响,因此环境相对地稳定。虽然冬季水温不高,但是底部沉积物、下水道以及猪房等排出的污秽物质的腐败分解作用多少仍在进行着。从有机物耗氧量(图 20)分析,10 月份以后到冬末一直是在上升。同时细菌的数量也在增长(图 21),11 月上旬只有 764 个/毫升,到 1 月下旬已有 20,000 多个/毫升。因此,第 III 站冬季食料仍然是丰富的。此外,与纤毛虫的生物学特性亦有关系。此站冬季高峰中以 *Halteria grandinella*, *Urotricha saprophila*, *Enchelys pellucida* 三种最多,占总数的 78.9%,而后二种占总数的 36.34%。此二种是 III 站的特有种类,它们不仅是腐生性(saprobic)的种类,而且也是冬季种类。

(4) 大型浮游动物对原生动物生长的影响: Gayze 氏等(1934,1935)^[6,7]曾研究过在实验室条件下肉食性纤毛虫及其受害者纤毛虫之间的关系。Webb 氏(1956)^[29]曾提到在自然条件下掠食性动物略能制约纤毛虫的生长。在本期“武昌东湖浮游动物数量季节变动的初步观察”^[3]中亦提到了四大类浮游动物(原生动物、轮虫、枝角类、桡足类)高峰是相量变动多少是受到其他浮游动物的制约。一般原生动物春季高峰比枝角类春季高峰晚些

1) 本文作者进行了 III、IV 两站的轮虫、枝角类、桡足类数量变动的计数工作。因限于篇幅,不再列出具体数据。

時候出現。II 站 1962 年原生動物春季高峰推遲到 6 月底才出現，比其他三站都遲。而 1963 年春季高峰却和其他站一樣是 5 月份出現的。根據蔣燮治(1965)^[5]的報告，1962 年唯獨 II 站枝角類(主要是 *Daphnia carinata gibba*)春季高峰延遲到 6 月份出現，其他站無此現象。此一現象在一定程度上亦多少影響到 II 站原生動物春季高峰的推遲。

(5) 原生動物與魚類的關係：在水體生產力研究中，關於浮游動物數量變動的報導國外文獻很多，但涉及作為浮游動物重要組成部分之一的原生動物者，卻寥寥無幾。這可能因為原生動物個體甚小，種類又多，鑑定和計數工作比較費事；另一方面也可能由於難以證明其為魚類的重要食料，或沒有專門吃食這類動物的魚類，致被認為不關重要。我國的淺水湖泊，目前很多已放養魚類，而且放養的對象中就有終生吃食浮游生物的魚類如鱮和鯽，因此，原生動物的消長必然與其消費者有密切的關係。換句話說：鱮、鯽的放養密度和其攝食強度是影響原生動物數量變動的因素之一，而且還可能是主要的因素。這是值得今後加以研究的。

(三) 水的污化程度與原生動物的生長

Жадин 和 Герд 氏(1961, P. 289)^[9]進一步發展了 Thienmann 氏(1925)的觀點，把湖泊類型分為共有 12 個等級的三個主要系列。根據這一劃分，東湖無疑地是屬於富營養型的。但就本文選擇的代表三種環境類型的四個站中，非生物(氧、二氧化碳、有機物耗氧量)及生物(細菌)因子都反映出污化級各有不同。Kalkwitz 和 Marsson 氏(1909)^[19]，Жадин 和 Родина 氏(1950, P. 797)^[10]都曾提出水體污化級劃分的標準。其他作者如 Долгов 和 Никитинский 氏(1927)^[8]，Stammer 氏(1953)^[27]，Šrámek-hušek 氏(1958)^[26]和沈韞芬(1960)^[12]亦都提出絨毛蟲作為各級污化度的指示種類。尤其後二作者還強調了污化級劃分必須考慮絨毛蟲的種類、數量和季節變化。綜合以上作者觀點，本文初步提出東湖所設三個環境類型的污化級如下：第一種類型——湖中心的 II 站，是屬於寡污帶的。水中溶解氧極為豐富，有時達到過飽和。全年大部分時間沒有二氧化碳。水體中細菌數量一般低於 1,000 個/毫升。第二種類型——I、IV 兩站，是屬於中污帶的。受到沿岸環境的明顯污化，水中溶解氧及二氧化碳同 II 站相似，但有機物耗氧量則較 II 站為高。IV 站水體中細菌的數量一般在 3,000 個/毫升左右。以上兩個類型的絨毛蟲種類大致相似，但有些種類的數量卻截然不同。如 *Cyclidium citrullus* 在 I、IV 兩站要比 II 站多得多。第三種類型——III 站是屬於多污帶的。受沿岸環境嚴重污化，表層湖泥有硫化氫臭味。水中溶解二氧化碳全年都有，冬季甚至達 25 毫克/升。夏、冬二季溶解氧飽和度只有 10%。有機物耗氧量比上二個類型為高。湖水中細菌的年平均數在 8 萬個/毫升左右，冬季最多時甚至達 90 萬個/毫升。絨毛蟲中最顯著的是 *Stentor coeruleus*, *Enchelys pellucida*, *Urotricha saprophila* 等腐生性種類。以上四個採樣站的污化級是依此而遞進的，湖水及湖泥中原生動物數量也是依此而逐漸增加的。

(四) 關於湖泥中原生動物

湖水湖泥中反映出原生動物在二者之間有一定的聯繫。在湖泥中變形蟲的種類和數量較多，這些種類在湖水中亦多少能遇見。在湖泥中絨毛蟲主要種類如 *Cyclidium citrullus*, *Colpoda cucullus* (在湖泥中可能它們是孢子狀態，經培養後絨毛蟲脫孢而出)，在湖水中這些種類數量亦不少。但是在種類組成上畢竟還是有差異的。因湖水標本大部分都是採

自表层,至多也是离底 0.5 米处采的,而对真正底栖的原生动物了解很少。在偶然几次采集中发现这类底栖原生动物的数量还是不少的,因此只有对底栖原生动物进行生态调查,才能对湖水、湖泥中以及底栖性原生动物生态方面的相互关系作出统一的、全面的评价。

本文的工作只是对东湖原生动物生态作了初步的调查研究,阐明了原生动物季节变化和分布的情况,以及一般地分析了环境因子的影响。至于主要种类的生长繁殖;原生动物在食物链中的作用,包括原生动物的食料组成和来源,原生动物与掠食动物之间的相互关系都有待今后进一步深入研究。

五、結 論

1. 无论从种群数量上,或者从出现的种类上来看,在东湖的原生动物基本上也是符合于作者之一(沈韞芬,1960)以前提出的原生动物具有春秋二个高峰的季节变化规律。
2. 在东湖所选择的三种环境类型,其环境情况有不同之处,也有大体相同之处,因此在种类上就有共有种类,交叉种类和特有种类。但是,以共有种类数量最多,出现的季节亦较长。
3. 湖水、湖泥中原生动物的数量是按采样站污化级的递进而依次增加的。
4. 在东湖水体中溶解气体和其他化学成分适可的范围内,环境因子中以温度及食料因子对原生动物生长起着重要的作用。特别是细菌对某些种类如 *Cyclidium citrullus* 有时可能成为限制因子。

参 考 文 献

- [1] 白国栋, 1962. 五里湖 1951 年湖泊学调查。四、浮游动物。水生生物学集刊, 1962 (1):93—108.
- [2] 丘昌强, 卢奋英等。武昌东湖的水化学特征 (尚未发表)。
- [3] 沈韞芬、陈受忠, 1965. 武昌东湖浮游动物数量季节变动的初步观察。水生生物学集刊, 本期: 第 133—145 页。
- [4] 沈韞芬, 1963. 淡水纤毛虫生态观察 (摘要)。1962 年动物生态及分类区系专业学术讨论会论文摘要汇编, 第 22 页。
- [5] 蒋燮治, 1965. 武昌东湖枝角类种类组成与数量变动的观察。水生生物学集刊, 本期: 第 220—238 页。
- [6] Гаузе, Г. Ф. и А. А. Витта, 1934. О периодических колебаниях численности популяции. Математическая теория релаксационного взаимодействия между хищниками и жертвами и ее применение к популяциям двух простейших. Изв. АН СССР, 10:1551—1559.
- [7] Гаузе, Г. Ф., 1935. Исследования над борьбой за существование в смешанных популяциях. Зоол. Журнал., 14(2):243—270.
- [8] Долгов, Г. И. и Я. Я. Никитинский, 1927. Гидробиологический методы исследования. Станд. методы иссл. питьевого и сточного вод. 76 стр.
- [9] Жадин, В. И. и С. В. Герд, 1961. Реки, озера и водохранилища СССР. Их фауна и флора. Москва, 597 стр.
- [10] Жадин, В. И. и А. Г. Родина, 1950. Биологические основы водоснабжения и очистки вод. Жизнь пресных вод СССР, 3:779—818.
- [11] Новогрудский, Д. М., 1956. Почвенная микробиология. Алма-Ата. 402 стр.
- [12] Шэнь Юнь-фэнь (沈韞芬), 1960. Наблюдения над экологией пресноводных инфузорий. Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Ленинград. 1—208.
- [13] Bamforth, St., 1958. Ecological studies on the planktonic protozoa of a small artificial pond. Limnol. and Oceanogr., 3(4):398—412.
- [14] Bick, H., 1958. Ökologische Untersuchungen an Ciliaten fallaubreicher Kleingewässer. Arch. Hydrobiol., 54(4):506—542.
- [15] Birge, E. A. and C. Juday, 1911. The inland lakes of Wisconsin. The dissolved gases of the water

- and their biological significance. *Bull. Wis. Geol. and Nat. Hist. Surv.*, 22:1—259.
- [16] Darby, H. H., 1929. The influence of the H-ion concentration on the sequence of protozoan forms. *Arch. Protistenk.*, 65(1):1—37.
- [17] Gray, E., 1951. *Stylonychia mytilus* and the lunar periods. *Nature*, London, 107:38.
- [18] Hayashi, S., 1958. Factor limiting the seasonal variation of *Paramecium* in the city of Sapporo. *Ann. Zool. Japonensis.*, 31(4):205—211.
- [19] Kolkwitz, R. und M. Marsson, 1909. Ökologie der tierischen Saprobien. *Intern. Rev. Ges. Hydrobiol. und Hydrogr.*, 2:126—152.
- [20] Kraatz, W. C., 1941. Quantitative plankton studies of Turkeyfoot Lake, near Akron, Ohio. *Ohio. Journ. Sci.*, 41(1):1—22.
- [21] Lackey, J. B., 1938. A study of some ecologic factors affecting the distribution of protozoa. *Ecol. Monogr.*, 8:501—527.
- [22] Noland, L. E., 1925. Factors influencing the distribution of freshwater ciliates. *Ecology*, 6:437—452.
- [23] Pennak, R. W., 1946. The dynamics of fresh-water plankton populations. *Ecol. Monogr.*, 16:339—355.
- [24] Pennak, R. W., 1949. Annual limnological cycles in some Colorado reservoir lakes (Protozoa in general). *Ecol. Monogr.*, 19(3):233—267.
- [25] Raymond, M. R., 1937. A limnological study of the plankton of a concretion forming marl lake. *Trans. Amer. Micr. Soc.*, 56:405—430.
- [26] Šrámek-hušek, R., 1958. Die Rolle der Ciliatenanalyse bei der biologischen Kontrolle von Flussverunreinigungen. *Verhandl. internat. ver. Limnol.*, 13(2):636—645.
- [27] Stammer, H. A., 1953. Der Einfluss von Schwefelwasserstoff und Ammoniak auf tierische Leitformen des Saprobien systems. *Von Wasser*, 20:34—71.
- [28] Wang, C. C. (王家楫), 1928. Ecological studies of the seasonal distribution of protozoa in a fresh-water pond. *Journ. Morph.-Physiol.*, 46(2):431—478.
- [29] Webb, M. G., 1956. An ecological study of brackish water ciliates. *Journ. Anim. Ecol.*, 25:148—169.
- [30] Wetzel, A., 1928. Der Faulschlamm und seine ciliaten Leitformen. *Z. Morph. Ökol. Tiere.*, 13:179—328.

ПЕРВОНАЧАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ЭКОЛОГИИ ПРОСТЕЙШИХ В ОЗЕРЕ ДУНХУ В ГОРОДЕ УЧАНЕ

Шэнь Юнь-фэнь и Гу Мань-жу

(Институт гидробиологии АН Китая)

Резюме

Простейшие являются одним членом в пищевой цепи водоемов. При изучении биологической продуктивности водоемов нельзя пренебречь их роль в круговороте веществ в водоемах. К сожалению, во многих работах по изучению продукции зоопланктона большей частью не учитывалось значение простейших. В связи с этим, настоящая работа ставит себе задачу изучить экологическую характеристику простейших в озере Дунху. Работа производилась с марта 1962 года по сентябрь 1963 года. В озере мы выбрали три типа среды (4 станции, рис. 1) различного по глубине, химическим составам воды, высшим водным растениям, особенно по степени органического загрязнения воды. На этих трех типах среды мы наблюдали количественные и качественные сезонные изменения простейших не только в толще воды, но и в илах. В воде всех станций обнаружены 113 вида простейших (табл. 1), а в илах 35 видов (табл. 4). Что касается качественных и количественных сезонных изменений простейших (рис. 2, 3, 7), то в них все же лежит общая закономерность, т. е. два максимума (весной и осенью) и два минимума (летом и зимой), выдвинутая раньше автором (Шэнь, 1960). Кроме того, так же наблюдались количественные сезонные изменения 15 преимущественных и главных видов (рис. 9—17) и показался индекс горизонтального распределения этих видов (табл. 3). По кривым количественных простейших видно, что чем более сапробна вода, тем больше в ней простейших. Особенно на станции III (третий тип среды, характеризующийся полисапробным) количество простейших гораздо больше чем на других станциях. Такое же состояние количества простейших и в илах (табл. 5). Интерес представляет также наблюдение вертикального распределения количества простейших в илах. На станции II (первый тип среды—олигосапробный) простейшие растут только до глубины 5 см, на станции IV (второй тип среды—мезосапробный) до глубины 20 см, а на станции III (полисапробный) до 30 см, до того мы взяли пробы.

В статье подробно обсуждали абиотические ($t^{\circ}\text{C}$, CO_2 , O_2 , окисляемость) и биотические факторы (большой тип зоопланктона, как Rotifera, Cladocera, Copepoda; бактерии; высшие водные растения), влияющие на развитие простейших. При подходящем пределе газовых и химических состав в воде температура воды и пищи играют важный роль на развитие простейших, особенно бактерия иногда служит ограничивающим фактором.