

太湖枝角类季节变化的初步研究*

堵南山 賴偉 鄧雪怀

(华东师范大学生物学系)

浮游生物在种类和数量上都随水域环境因子的季节性变动而相应地发生变化。这种现象普遍存在于世界上所有温度区,不过在温带区和两极区特别容易察见。热带区由于周年环境因子比较稳定,浮游生物的季节变化也就不很显著。

浮游生物的季节变化关系到渔业生产,是十九世纪末年以来各国学者不断地研究的一个重要课题。在我国,海洋浮游生物季节变化的研究虽已获得了一些成果,但有关淡水浮游生物季节变化的工作,却还很少。我们自1956年开始,就从事于太湖浮游生物的调查研究,先后发表过几篇报告^[5,6,8]。现在再将有关枝角类季节变化的纪录和材料整理出来,作一初步报导。

方 法

太湖为我国的大型淡水湖泊之一,也是我国一个重要的淡水渔业基地。湖的东部有东山半岛;半岛深入湖中,周围长70公里左右。其西岸湖深约1—2米,湖底多污泥。菹草(*Potamogeton crispus* Linn.)、马来眼子菜(*P. malaianus* Mig.)与苦草(*Vallisneria spiralis* Linn.)等沉水植物十分繁茂,几乎满布全部湖底。近岸部分丛生芦苇(*Phragmites communis* Trin.)、菱草[*Zizania caduciflora* (Turcz) Hand.-Mazz.]与蒲草(*Typha angustifolia* Linn.)等挺水植物;其间并出现荇菜(*Nymphoides peltatum* Britt. et Bend.)等少量浮叶植物。就湖水的深度以及这些维管束植物的分布而言,太湖几乎无敞水区,沿岸区一直扩展到湖心。

太湖湖水含盐量在0.12%左右;微偏碱性,pH值为7.0—7.8,季节性变动不显著。含氧量颇高,经常在9—12毫克/升之间,季节性变动也不太大。水温的季节性变动却十分显著(图3),冬季在近岸部分常出现薄冰。透明度约40—60厘米,水色15—16级。

根据近年来太湖各地的调查研究我们认为:就深度、底质、水生维管束植物的分布以及湖水的理化特性等而论,东西两岸一带足以代表太湖本部的大部分水域。在这里,我们从1959年8月开始,到1960年7月为止,每月采集浮游生物1—2日次。一年中,共计采集了21日次。

标本选定在四个固定地点采集,第I站与第II站靠近湖岸,两站相距仅1.5米左右。第III站与第IV站设在湖心,两站间的距离约也为1.5米。近岸部分与湖心部分的环境条件多少有些不同,理应分别设站。而各部分均设两站,其目的是为了使在同一部分的两站上所采的标本可以相互对照,借以检查采集时的差错。

* 本文曾于1963年10月在武汉召开的中国海洋湖沼学会第二届全国代表大会暨1963年学术年会上宣读过,会后略有补充修改。沈关兴同志曾参加本研究的一部分工作,特此表示谢意。

表 1 1959 年 8 月至 1960 年 7 月太湖逐月出現的枝角类
Table 1. Cladocera of each month during the period from August 1959 to July 1960, in Lake Tai-Hu.

种 名 Species	时 間 Date													
	1959					1960								
	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII		
金氏薄皮水蚤 <i>Leptodora kindtii</i> (Focke)	+	+	+							+	+	+		
晶瑩罪女水蚤 <i>Sida crystallina</i> (O. F. Mueller)	+	+	+	+	+				+	+	+	+		
短尾秀体水蚤 <i>Diaphanosoma brachyurum</i> (Liéven)	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+		
长肢秀体水蚤 <i>D. leuchtenbergianum</i> Fischer			+	+						+	+	+		
柴氏秀体水蚤 <i>D. sarsi</i> Richard	+	+	+	+				+	+	+	+	+		
寡刺秀体水蚤 <i>D. paucispinosum</i> Brehm											+			
蚤状水蚤 <i>Daphnia pulex</i> (DeGeer)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
长刺水蚤 <i>D. longispina</i> (O. F. Mueller)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
僧帽水蚤 <i>D. cucullata</i> Sars			+	+				+		+				
平突船卵水蚤 <i>Scapholeberis mucronata</i> (O. F. Mueller)	+	+	+	+	+				+	+	+	+		
老年低額水蚤 <i>Simocephalus vetulus</i> Schoedler											+	+		
鋸頂低額水蚤 <i>S. serrulatus</i> (Koch)												+		
黎氏网紋水蚤 <i>Ceriodaphnia rigaudi</i> Richard	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+		
方形网紋水蚤 <i>C. quadrangula</i> (O. F. Mueller)											+			
直額裸腹水蚤 <i>Moina rectirostris</i> (Leydig)				+										
模糊裸腹水蚤 <i>M. dubia</i> de Guerne & Richard									+		+			
多刺裸腹水蚤 <i>M. macrocopa</i> Straus	+	+	+	+				+	+	+	+	+		
长額象鼻水蚤 <i>Bosmina longirostris</i> (O. F. Mueller)		+	+	+	+	+	+	+	+	+				
柯氏象鼻水蚤 <i>B. coregoni</i> Baird	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
脆弱象鼻水蚤 <i>B. fatalis</i> Burckhard	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
戴氏基合水蚤 <i>Bosminopsis deitersi</i> Richard	+	+	+	+	+				+	+	+	+		
底栖泥隱水蚤 <i>Ilyocryptus sordidus</i> (Liévin)								+						
活泼泥隱水蚤 <i>I. agilis</i> Kurz	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
粉紅粗毛水蚤 <i>Macrothrix rosea</i> (Jurine)		+										+		
直額弯尾水蚤 <i>Camptocercus rectirostris</i> Schoedler	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
方形尖額水蚤 <i>Alona quadrangularis</i> (O. F. Mueller)		+	+											
近亲尖額水蚤 <i>A. affinis</i> (Leydig)			+											
肋形尖額水蚤 <i>A. costata</i> Sars									+					
中型尖額水蚤 <i>A. intermedia</i> Sars	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
矩形尖額水蚤 <i>A. rectangula</i> Sars	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
鎌角銳額水蚤 <i>Alonella excisa</i> (Fischer)		+												
鎌吻弯額水蚤 <i>Rhynchotalona falcata</i> (Sars)	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+		
吻状弯額水蚤 <i>R. rostrata</i> (Koch)			+	+	+			+	+	+				
尾刺雷氏水蚤 <i>Leydigia acanthocercoides</i> (Fischer)												+		
龟状笔紋水蚤 <i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
矛状平直水蚤 <i>Pleuroxus laevis</i> Sars									+					
棘齿平直水蚤 <i>P. denticulatus</i> Birge			+						+					
棘突膝氏水蚤 <i>Dunhevedia crassa</i> King			+											
球形盘腸水蚤 <i>Chydorus globosus</i> Baird			+									+		
圓形盘腸水蚤 <i>C. sphaericus</i> (O. F. Mueller)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
側扁盘腸水蚤 <i>C. latus</i> Sars	+													
卵形盘腸水蚤 <i>C. ovalis</i> Kurz	+													
駝背盘腸水蚤 <i>C. gibbus</i> Lilljeborg				+										
异形单眼水蚤 <i>Monospilus dispar</i> Sars					+					+				
共 計 Total	21	28	25	24	19	11	11	19	24	27	25	23		

定量标本的采集按一般常规进行^[4], 采集时间每次均在上午八时前后。由于湖水深度只有 1—2 米, 因而未曾分层采样, 仅在 0.5 米深的水层中采取 10 升水样。水样随即用 25 号网绢过滤, 并将滤得的标本保存于 4% 福尔马林中。然后携回实验室, 鉴定枝角类的种类, 并计算其数量。计数时, 不用计算框, 直接在显微镜下点算全部个体。

除采集定量标本外, 并在四个站的周围用 25 号与 14 号网绢的两种浮游生物网反复拖捞, 每次约一刻钟, 采得的标本也用 4% 福尔马林保存, 作为定性研究之用。此外, 又在挺水植物丛生之处用抄网加采一些定性标本。

结 果

根据标本镜检的结果, 太湖共产 44 种枝角类 (表 1)。这些枝角类有的是底栖种类, 有的是典型的浮游种类, 但由于太湖湖底遍布沉水植物, 同时湖水又浅, 且经常受风力与人力的搅动, 因此, 底栖种类可在湖心部分出现, 反之, 典型的浮游种类也能分布于近岸部分。换言之, 湖心部分与近岸部分在种类分布上并无什么不同。

太湖 44 种枝角类中, 除偶然出现而未能明了其季节分布者外, 显然可分两类: 一类终年出现, 无季节性, 例如蚤状水蚤、长刺水蚤、柯氏象鼻水蚤、脆弱象鼻水蚤、活泼泥隐水蚤、直额弯尾水蚤、中型尖额水蚤、矩形尖额水蚤、龟状笔纹水蚤以及圆形盘肠水蚤等。另一类出现有季节性, 例如金氏薄皮水蚤、晶莹罪女水蚤、短尾秀体水蚤、柴氏秀体水蚤、平突船卵水蚤以及镰吻弯额水蚤等。这些季节性出现的种类, 每年在一定的时期内进行滞育 (Diapause); 在这时期内种群全部消失, 而仅保存受精的冬卵。滞育期一般在冬季, 但长额象鼻水蚤等少数种类的则在夏季。滞育期的长短因种类而不同, 通常约 2—3 个月。只有金氏薄皮水蚤可长达半年之久; 其种群在秋末即已消失, 要经过冬季, 一直到翌年的晚春方才重新出现。

由于一部分枝角类的出现有显著的季节性, 因而逐月的种类也就有多有少。从这次的研究结果来看, 基本上与 1957 年 4 月至 1958 年 5 月所研究的相同, 以 9 月份出现的种类为最多, 共计 28 种, 占太湖枝角类全部种类的 63.6%。从 10 月份开始, 种类就逐渐减少。翌年的 1—2 月份, 种类最少, 各出现 11 种, 只占全部种类的 25.0%。自 3 月份开始, 逐渐回升, 到 5 月份, 共出现 27 种, 占 61.3%。随后逐月递减, 直到 9 月份, 骤然增加。由此

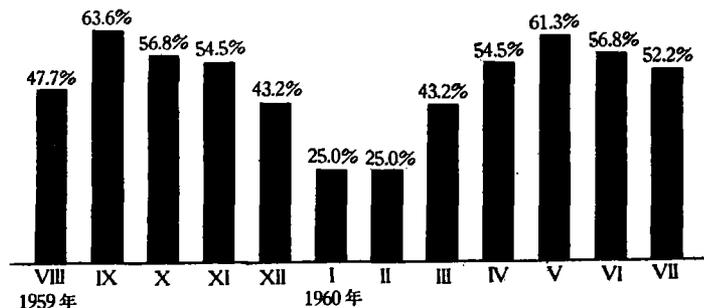


图 1 1959 年 8 月至 1960 年 7 月太湖枝角类逐月出现的种类百分数

Fig. 1. The percentage of cladoceran species of each month during the period from August 1959 to July 1960, in Lake Tai-Hu.

表 2 1959 年 8 月至 1960 年 7 月太湖 4 個采集站枝角类数量計算的結果(个/升)

Table 2 Results of the calculation of the cladoceran individual number per litre of water during the period from August 1959 to July 1960, in Lake Tai-Hu for four stations.

时 間 Date		站別 Station	种 名 Species				共 計 Total	
			黎氏网紋水蚤 <i>C. rigaudi</i>	柴氏秀体水蚤 <i>D. sarsi</i>	柯氏象鼻水蚤 <i>B. coregoni</i>	其 他 Others		
1959	VIII	11	I	23.00	2.90	0.70	0.20	26.80
			II	24.00	2.80	0.80	0.10	27.70
			III	21.00	2.60	0.50	0.20	24.30
			IV	20.00	2.60	0.40	0.30	23.30
			平均	22.00	2.73	0.60	0.20	25.53
	VIII	29	I	24.60	2.60	0.60	0.20	28.00
			II	22.20	2.70	0.70	0.30	25.90
			III	21.40	3.00	0.50	0	24.90
			IV	21.00	2.90	0.60	0.10	24.60
			平均	22.30	2.80	0.60	0.15	25.85
	IX	18	I	23.20	3.00	0.90	0.10	27.20
			II	23.80	2.80	0.80	0.10	27.50
			III	20.50	2.90	0.70	0.10	24.20
			IV	22.90	2.90	0.60	0.10	26.50
			平均	22.60	2.90	0.75	0.10	26.35
	IX	29	I	22.10	2.20	0.80	0.20	25.30
			II	21.80	2.30	0.70	0.20	25.00
			III	20.70	2.40	0.70	0	23.80
			IV	19.70	2.40	0.70	0.10	22.90
			平均	21.07	2.32	0.73	0.13	24.25
	X	9	I	18.00	1.90	0.90	0.20	21.00
			II	17.90	1.90	0.90	0	20.70
			III	16.80	1.70	1.00	0.30	19.80
			IV	16.60	1.70	0.80	0.20	19.30
平均			17.32	1.80	0.90	0.18	20.20	
X	23	I	8.70	0.80	1.10	0	10.60	
		II	8.50	1.00	1.10	0	10.60	
		III	8.20	0.70	1.00	0	9.90	
		IV	8.30	0.80	1.30	0	10.40	
		平均	8.42	0.83	1.13	0	10.38	
XI	4	I	6.10	0.20	1.40	0	7.70	
		II	5.80	0	1.30	0	7.10	
		III	5.70	0.20	1.40	0	7.30	
		IV	5.80	0.10	1.20	0	7.10	
		平均	5.85	0.13	1.32	0	7.30	
XI	30	I	2.80	0	1.40	0	4.20	
		II	2.00	0	1.40	0	3.40	
		III	1.90	0	1.70	0	3.60	
		IV	1.80	0	1.60	0	3.40	
		平均	2.12	0	1.53	0	3.65	
XII	20	I	0.10	0	1.60	0	1.70	
		II	0	0	1.70	0	1.70	
		III	0	0	2.10	0	2.10	
		IV	0	0	1.90	0	1.90	
		平均	0.03	0	1.82	0	1.85	
1	17	I	0	0	1.30	0	1.30	
		II	0	0	1.30	0	1.30	
		III	0	0	1.40	0	1.40	
		IV	0	0	1.40	0	1.40	
		平均	0	0	1.35	0	1.35	

(續表 2)

时 間 Date		站別 Station	种 名 Species				共 計 Total			
			黎氏网紋水蚤 <i>C. rigaudi</i>	柴氏秀体水蚤 <i>D. sarsi</i>	柯氏象鼻水蚤 <i>B. coregoni</i>	其 他 Others				
1960	II	20	I	0	0	1.30	0	1.30		
			II	0	0	1.00	0	1.00		
			III	0	0	1.10	0	1.10		
			IV	0	0	1.10	0	1.10		
			平均	0	0	1.13	0	1.13		
	III	4		I	0	0	1.90	0	1.90	
				II	0	0	2.00	0	2.00	
				III	0	0	2.30	0	2.30	
				IV	0	0	2.00	0	2.00	
				平均	0	0	2.05	0	2.05	
		20			I	0.10	0.10	2.90	0	3.10
					II	0	0.10	3.10	0	3.20
					III	0.10	0	2.70	0	2.80
					IV	0.10	0	3.00	0	3.10
					平均	0.08	0.05	2.92	0	3.05
	IV	2		I	0.20	0.10	3.20	0	3.50	
				II	0.30	0.10	3.30	0	3.70	
				III	0.20	0.20	3.40	0	3.80	
				IV	0.30	0.10	3.30	0	3.70	
				平均	0.25	0.13	3.30	0	3.68	
		24			I	0.40	0.20	3.50	0	4.10
					II	0.50	0.20	3.20	0	3.90
					III	0.40	0.20	3.50	0	4.10
					IV	0.40	0.10	3.40	0	3.90
					平均	0.43	0.17	3.40	0	4.00
	V	11		I	0.50	0.20	3.90	0	4.60	
				II	0.50	0.20	3.90	0	4.60	
				III	0.50	0.30	3.90	0	4.70	
IV				0.40	0.20	4.00	0	4.60		
平均				0.48	0.23	3.92	0	4.63		
26				I	5.00	0.90	3.10	0.20	9.20	
				II	4.90	1.00	3.20	0.10	9.20	
				III	4.80	1.10	2.90	0.10	8.90	
				IV	4.70	0.80	3.30	0.10	8.90	
				平均	4.85	0.95	3.12	0.13	9.05	
VI	10		I	11.20	1.80	2.10	0.20	15.30		
			II	11.40	1.90	2.30	0.30	15.90		
			III	10.70	1.50	1.80	0.20	14.20		
			IV	10.50	1.30	1.70	0.20	13.70		
			平均	10.95	1.62	1.97	0.23	14.77		
	26			I	18.30	1.90	1.00	0.10	21.30	
				II	17.90	2.10	0.90	0.20	21.10	
				III	16.90	1.70	1.10	0.10	19.80	
				IV	17.00	1.90	1.10	0.10	20.10	
				平均	17.52	1.90	1.03	0.13	20.58	
VII	17		I	22.10	2.50	0.70	0.20	25.50		
			II	22.90	2.40	0.80	0.20	26.30		
			III	21.10	2.40	0.60	0.20	24.30		
			IV	21.60	2.20	0.50	0.10	24.40		
			平均	21.92	2.37	0.65	0.18	25.12		
	25			I	22.00	2.60	0.70	0.30	25.60	
				II	22.10	2.70	0.60	0.30	25.70	
				III	21.90	2.40	0.70	0.10	25.10	
				IV	21.80	2.30	0.50	0.20	24.80	
				平均	21.95	2.50	0.62	0.23	25.30	
总 平 均 Total average			9.53	1.12	1.66	0.08	12.39			

可見:太湖枝角类的种类全年有两个高峯,春季次高峯出現于5月份,秋季最高峯在9月份形成(图1)。

如上所述,太湖近岸部分与湖心部分的枝角类在种类組成上虽无差异,但由表2可以清楚地看出两部分的數量并不相同,近岸部分的第I站与第II站常稍大于湖心部分的第III站与第IV站。前者全年平均每升水中含有12.78个,后者每升只有11.99个。

根据定量标本的計数,太湖全年平均每升水中含有枝角类12.39个,其中以黎氏网紋水蚤、柯氏象鼻水蚤和柴氏秀体水蚤为最多。黎氏网紋水蚤每升含9.53个,占总平均含量的76.92%;柯氏象鼻水蚤每升1.66个,占13.40%;柴氏秀体水蚤每升1.12个,占9.04%。至于其他种类为数极少,每升一共只含0.08个,占总平均含量的0.64%。

太湖枝角类的数量季节变化十分显著(表2)。就总数量而言,7—9月份都很多,而这正是許多鱼类生长最旺、需要餌料最多的时节。全年只有一个高峯,出現于9月中旬,每升水中含有26.35个。随后总数量就逐渐下降,尤其在10月下旬,下降得特別剧烈。全年以1月份与2月份为最少,前者每升1.35个,后者每升1.13个。从3月份开始总数量又漸漸增加;到6月下旬,就已經相当多了(图2)。

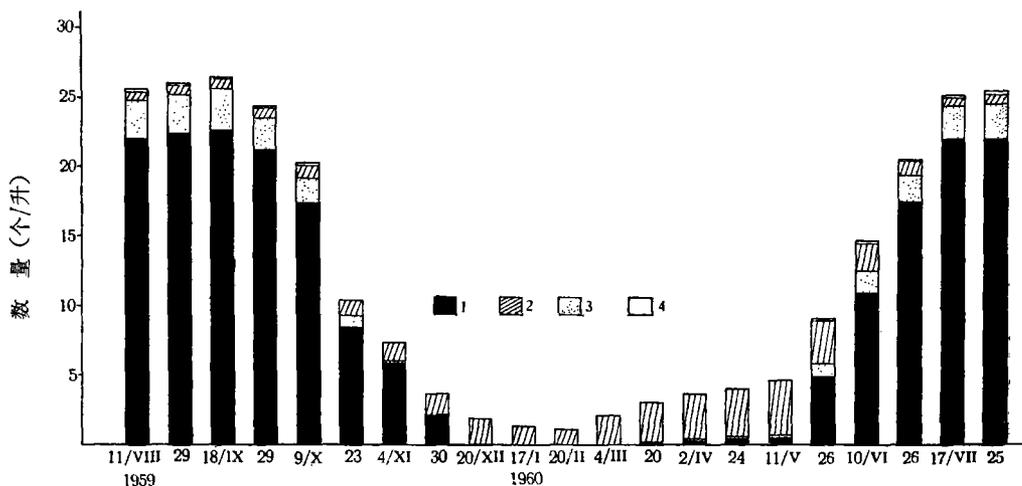


图2 太湖枝角类的数量季节变化

Fig. 2. Quantitative seasonal changes of the cladocera in Lake Tai-Hu.

1. 黎氏网紋水蚤 (*C. rigaudi*) 2. 柯氏象鼻水蚤 (*B. coregoni*)
3. 柴氏秀体水蚤 (*D. sarsi*) 4. 其他 (Others)

与总数量的消长相应,各种枝角类的种量也随着季节的轉移而变化(图2)。黎氏网紋水蚤度过其1月份与2月份的滞育期以后,到3月份,冬卵开始孵化。从4月份起,种量逐渐增加;在9月份,形成全年最高峯,每升水中含有22.6个。10月下旬以后,种量急驟下降。到了12月份,种羣也就几乎全部消失。

柴氏秀体水蚤种量的消长情况大致与黎氏网紋水蚤相似。在3月份,滞育的冬卵虽也已陆續孵化,但个体极少,种量不大。最高峯也在9月中旬出現,每升水中含有2.9个。种羣消失得比較早,到11月下旬,个体就已全部死亡。

柯氏象鼻水蚤的种羣終年存在,在太湖平均水温最低的1月份与2月份內,其种量

虽然不大,但这时黎氏网纹水蚤与柴氏秀体水蚤都已消失,因此,柯氏象鼻水蚤就成了太湖枝角类中唯一的优势种了。从3月份开始,种量逐渐增加,到5月中旬,形成全年最高峰,每升水中含有3.92个。但随即渐渐减少,8月份最少,每升只含0.60个。自9月份开始,又逐步增加,到12月份,形成全年的第二个高峰,每升含有1.82个。

由此可见,太湖枝角类总数量的季节变化完全为上述三个优势种的种量变动所决定。在6—11月内,总数量的大小主要取决于黎氏网纹水蚤和柴氏秀体水蚤;九月中旬的总数量高峰也是在这二种的种量高峰上形成的。至于其余月份的总数量,则随柯氏象鼻水蚤的种量而变动。

讨 论

滞育是动物界相当普遍的现象,在卵、幼虫、蛹以及成虫等生活史的任何一个时期内都可发生。H. G. Andrewartha (1952)¹⁾认为:滞育是动物在季节气候条件不利于连续增殖的地区内保存种的一项重要适应。的确,气候的季节性变动以及由此而引起的食物在质和量上的改变对动物会发生剧烈的影响;动物如果没有独特的适应,将无法保证种的存续。就我们这次对枝角类的研究而言,水温的季节性变动看来似乎对滞育影响最为重要,最为基本;过低或过高的水温都可导致滞育的发生,从而影响某一时期内所出现的种类的多少。

当水温下降时,枝角类孤雌生殖逐渐被两性生殖所代替,最后形成了受精的冬卵,进行滞育,而个体相继死亡,种群也就全部消失^[4]。但各种枝角类对低温的耐性不尽相同。在太湖从10月底或11月初开始,就有一部分种类如金氏薄皮水蚤等,大概已不能抗耐晚秋较低的水温,其个体陆续死亡,而仅保存滞育的冬卵。因此,从10月份开始,种类便逐渐减少。进入12月份以后,严冬届临,水温剧烈下降,多刺裸腹水蚤等随之消失,种类也就更少了。只有对低温有较大耐性的少数种类,例如晶莹罪女水蚤、短尾秀体水蚤、黎氏网纹水蚤、戴氏基合水蚤以及镰吻弯额水蚤等,能够延迟到太湖水温最低的翌年1月份,方才消失。因此,太湖枝角类全年以1月份为最少,仅占全部种类的四分之一。这些能够抗耐最低水温而可继续生存的种类,分布大多无季节性,终年出现。

滞育的冬卵通常要在一定的水温下才能孵化,而太湖2月份的水温还是很低的,冬卵仍然处在滞育状态中,不孵出第一代雌个体,使得枝角类在2月份依然保留了1月份的最少种数。从3月份开始,水温逐渐上升,冬卵随之发育,第一代雌个体渐次出现,种类也就增多了。不过,冬卵孵化所要求的水温是因种类而不同的。例如短尾秀体水蚤的冬卵所要求的为9—10℃,在太湖第一代雌个体到3月份就已陆续出现。又如柴氏秀体水蚤、多刺裸腹水蚤以及镰吻弯额水蚤等的冬卵也能在较低的水温下孵化,第一代雌个体都在3月份出现。但另一部分种类的冬卵则要求较高的水温,例如金氏薄皮水蚤的为15—16℃,第一代雌个体直到4月份方才出现。总之,水温逐步上升,滞育的冬卵渐次孵化,出现的种类也就愈来愈多,4月份超过3月份,到5月份更进一步形成了全年第一个高峰。

1) 未见原文,根据 A. D. Lees (1955) 的著作转引。

低温果然能导致枝角类中绝大多数种类发生滞育,而高温也同样对不少种类的滞育起着控制作用。自然,作用大小是有所不同的。例如多刺裸腹水蚤等在高温下只形成少数滞育的冬卵,其个体继续存活,种群并不消失。在这种情况下,滞育不会影响出现种类的多少。不过,另外也有些种类如长额象鼻水蚤等,从6月份起,随着水温的继续升高,形成了滞育的冬卵以后,其种群就象其他许多种枝角类处在低温下那样,全部消失。因此,太湖枝角类自5月份形成全年第一个种类高峰以后,随着水温的上升,在6—8月份,种类反而稍稍减少。这些在高温下形成的冬卵并不一直滞育到翌年,就在当年9月份湖水转凉时,陆续孵化,因而在9月份又形成了全年第二个种类高峰。后来随着晚秋水温的继续下降,由低温导致滞育的枝角类进入了滞育期,种类便又逐渐减少。

以上阐述的是太湖枝角类种类消长的原因,至于其数量季节变化则与本身的生殖方式、生殖量、生殖率、发育速度以及个体寿命等密切联系,情况比较复杂。下面的讨论,以与太湖枝角类总数量变动关系最大的黎氏网纹水蚤、柴氏秀体水蚤以及柯氏象鼻水蚤等三个优势种为主。

过去已经有不少学者论证了枝角类的发育速度与生殖率在适温范围内都会随着温度的上升而增加。温度愈高,发育愈快,性成熟愈早,单位时间内生殖的次数也愈多。但温度如果太高,也就是说,超过了最适温度,发育速度与生殖率反而会降低^[1,2,3,9,10,16]。黎氏网纹水蚤与柴氏秀体水蚤均为嗜暖性南方种^[7],要求较高的最适温度。其种群从3月份开始,虽已陆续出现;但由于3、4月份的太湖水温还不很高,发育不可能快,生殖率也不可能高,种量因此很小,一直要等水温上升达到20℃时,也就是5月下旬,发育速度与生殖率方才增加,种量也就从而上升。这种现象在黎氏网纹水蚤中特别显著;5月11日每升水中平均含量仅为0.48个,到7月17日上升为21.92个,在短短的二个多月内,几乎增加了46倍。柴氏秀体水蚤种量的增加比较小而缓慢,5月11日每升水中平均含量为0.23个,到7月17日上升为2.37个,仅增加10倍而已(图3)。

黎氏网纹水蚤与柴氏秀体水蚤的全年种量高峰都出现在太湖水温高峰之后,这大概与生殖量的增加有关。过去曾经有不少学者指出过,枝角类的生殖量在适温范围内和生殖率不同,温度愈高,生殖量愈小,反之,温度愈低,生殖量愈大。如果超出了适温,那么生殖量与生殖率一样,也会下降^[2,3,13]。根据我们的观察,在8月份以前,太湖黎氏网纹水蚤孤雌生殖的雌个体大多数只怀1—2个夏卵,到8月份与9月份,怀卵数增加,大多数怀有2—3个夏卵,怀有4—6个夏卵的也不少,只怀1个夏卵的却非常少。柴氏秀体水蚤的怀卵数也有类似的消长现象。在8月份前,大多数雌个体也只怀1—2个夏卵,到8月份与9月份,一般怀有4个夏卵,也有不少雌个体怀有3个或5—7个夏卵,怀2个夏卵的极少,怀1个夏卵的未曾发现过。可见这两种枝角类的生殖量在较高的水温下并未减少;但当水温下降时,生殖量确有显著增加的趋势。可能就由于生殖量的增加,发育速度与生殖率虽随着水温下降而渐减,但种量却仍然缓缓上升,终于在9月中旬形成了全年的最高峰。这时,太湖水温在25℃上下;或许这就是上述两种嗜暖性枝角类的适温下限。随后,水温继续下降,超出了适温下限,发育速度与生殖率都不断减低,同时生殖量也恢复8月份以前的原状,两种枝角类的雌个体又都只怀1—2个夏卵,从而种量就急剧下降(图3)。

毫无疑问,枝角类在秋末冬初种量的下降还与雄个体的出现以及随之而发生的两性

生殖有密切关系^[9,11]。据我們在太湖的观测,柴氏秀体水蚤的雄个体在10月間当水温大約为20°C时开始出现,随后两性生殖就逐渐代替了孤雌生殖,由于发育速度、生殖率以及生殖量的下降而正在变小的种量也就更加小了。到11月份,滯育的冬卵形成,种羣終于全部消失。至于黎氏网紋水蚤,就其生殖而言,是太湖一种独特的枝角类,其雄个体的出

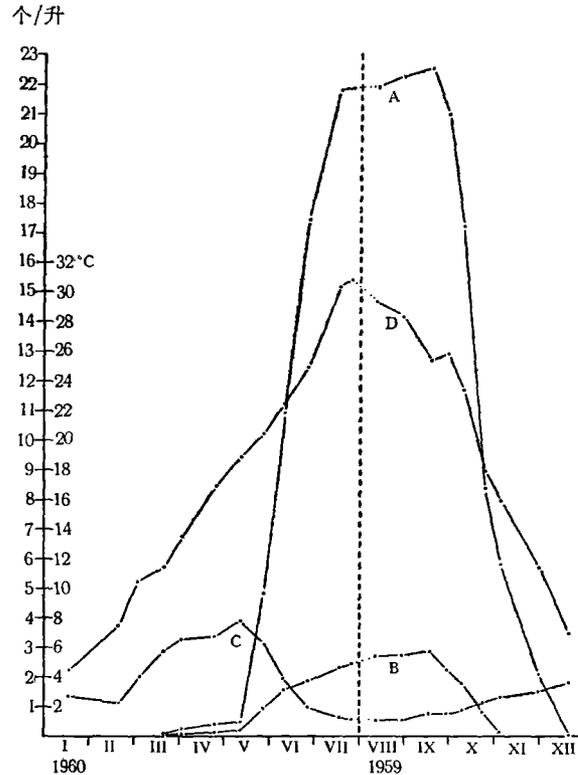


图3 太湖枝角类三个优势种的种量季节变化与水温的关系

Fig. 3. The relation between quantitative seasonal changes of three predominant species of cladocera and the water temperature, in Lake Tai-Hu.

A. 黎氏网紋水蚤 (*C. rigaudi*); B. 柴氏秀体水蚤 (*D. sarsi*);
C. 柯氏象鼻水蚤 (*B. coregoni*); D. 水温 (Water temperature).

現似乎不受水温的制約。从5月份起,就有少数雄个体繼續产生。两性生殖也从这时开始,但其强度远远不如孤雌生殖。同时所形成的受精的冬卵,也不滯育,随即孵化。到了10月份,雌个体显著减少,雄个体大批出現,两性生殖不断增强,并且形成了真正滯育的受精的冬卵。这样一来,种量就大大下降。随着11月份水温的繼續降低,两性生殖完全代替了孤雌生殖,到12月份,种羣終于全部消失(图3)。

柯氏象鼻水蚤与上述两种枝角类不同,乃是嗜寒性北方种^[7]。由于这种枝角类的最适温度較低,因此,在2月中旬以后,当太湖水温刚接近8°C时,发育速度与生殖率就开始增加,种量也就随之上升;到5月中旬,水温为19°C时,終于形成了全年的最高峯。看来柯氏象鼻水蚤的最适温度就在19°C上下。随后水温不断上升,超过了适温,发育速度与

生殖率便逐渐下降,种量因而减少。9月中旬以后,水温从7、8月份的高峯逐渐回降,发育速度与生殖率虽未增加,但生殖量已开始升高。据我们观察,柯氏象鼻水蚤孤雌生殖的雌个体通常怀有1—2个夏卵,但9月中旬以后,大多数雌个体都怀2个夏卵,少数并怀3—6个夏卵。可能由于生殖量的增加,种量便又逐渐上升,到12月份再次形成了不很显著的全年第二个高峯。随着严寒的一月份的届临,水温的过低以及由此而引起的食物的贫乏,使得雌个体的怀卵数又恢复为1—2个夏卵,从而种量又稍稍下降(图3)。

柯氏象鼻水蚤在秋季虽也能进行两性生殖,但在进行两性生殖时,孤雌生殖不仅没有终止,其强度并且远远超过两性生殖。同时,在太湖那样大的水域中,这种枝角类很可能在有的年份甚至于不进行两性生殖。总之,两性生殖对柯氏象鼻水蚤的种量消长显然是没有什么大影响的。

枝角类寿命的长短及其与外界环境因子间的关系曾经被许多学者研究过^[12,15,17],目前意见虽然还未一致,但多数学者认为:高温能缩短寿命,而低温可延长寿命。黎氏网纹水蚤与柴氏秀体水蚤从10月份开始,两性生殖逐渐增强,种群不断缩小,最后在冬季全部消失。因此,这两种枝角类的种量消长不受个体寿命长短的影响。而柯氏象鼻水蚤在冬季仍然存在,其个体寿命必然随着水温的显著下降而增长。无疑地,这种枝角类在冬季形成的种量高峯与其个体寿命的延长有关。

总之,太湖枝角类总数量的周年消长完全为黎氏网纹水蚤、柴氏秀体水蚤以及柯氏象鼻水蚤的种量季节变化所支配,而这三个优势种的种量季节变化又各受其本身的生殖方式、生殖量、生殖率、发育速度以及个体寿命等多种内部因子的制约。这些内因与多种外界环境因子密切相关,后者可能以水温为最重要。或许可以说:种量的季节变化主要是作为外因之一的水温通过枝角类本身的生殖方式、生殖量、生殖率、发育速度以及个体寿命等诸内因而起作用的综合结果。

结 语

1. 自1959年8月至1960年7月对太湖枝角类的种类和数量进行了季节变化的研究。

2. 太湖共产44种枝角类,除偶然出现而未能明了其季节分布者外,可分两类:一类终年出现,无季节性;另一类出现有季节性,非终年可见。

3. 由于一部分枝角类出现有季节性,因而逐月可见的种类有多有少。其中以9月份为最多,出现28种,5月份次之,出现27种,前后形成全年种类上的两个高峯。1月份与2月份种类最少,各月只有11种。

4. 种类的逐月消长与外界水温的变动密切联系,冬季过低的水温以及夏季过高的水温均可导致枝角类的两性生殖逐渐代替孤雌生殖,而形成滞育的受精的冬卵,使种群全部消失,种类因而减少。

5. 太湖枝角类的总数量全年以9月中旬为最多,每升水中含有26.35个;2月份最少,每升只含1.13个。总数量的消长完全为黎氏网纹水蚤、柯氏象鼻水蚤以及柴氏秀体水蚤三个优势种的种量季节变化所决定。

6. 黎氏网纹水蚤与柴氏秀体水蚤的种量全年都以9月份为最多,前者每升水中含有

22.6 个,后者每升含有 2.9 个;二者的种群在冬季都全部消失。

7. 柯氏象鼻水蚤終年出現,全年有两个种量高峯,一个在 5 月份,每升水中含有 3.92 个,另一个在 12 月份,每升含有 1.82 个。8 月份种量最少,每升只有 0.60 个。

8. 上述三个优势种的种量季节变化,或許可以說:是作为外界因子之一的水温各通过其本身的生殖方式、生殖量、生殖率、发育速度以及个体寿命等諸内部因子而起作用的綜合結果。

参 考 文 献

- [1] 白国栋, 1962. 五里湖 1951 年湖泊学調查。浮游动物。水生生物学集刊 1962 年 (1): 93—108。
- [2] 宋大祥, 1962. 大型蚤 (*Daphnia magna* Straus) 的初步培养研究。动物学报 **14**(1): 49—62。
- [3] 郑重, 1953. 温度对于淡水枝角水蚤 (*Daphnia pulex*) 生殖的影响。廈門大学学报 1953 年 (2): 29—36。
- [4] 堵南山, 1960. 枝角类的繁殖和世代交替。生物学教学 1960 年 (5): 4—7。
- [5] 堵南山、賴 伟, 1958. 太湖的枝角类。华东师范大学学报 (自然科学) 1958 年 (1): 29—62。
- [6] ——, ——, 1959. 太湖枝角类生殖周期的观察。水生生物学集刊 1959 年 (3): 305—314。
- [7] ——, ——, 1963. 中国淡水枝角类的地理分布。动物学报 **15**(3): 403—416。
- [8] 堵南山、邓雪怀、駱永德等, 1959. 东太湖浮游动物初步調查报告。东太湖水生生物調查报告, 33—42 頁。
- [9] Мануйлова, Е. Ф., 1954. Некоторые данные о динамике численности ветвистоусых рачков в озерах в связи с термическим и пищевым факторами. *Тр. проблемных и тематических совещаний. Зоол. ин-та АН СССР* **2**: 215—222。
- [10] Brown, L. A., 1929. The natural history of Cladocera in relation to temperature. *Amer. Nat.* **63**: 248—264。
- [11] Brown, L. A. & A. M. Banta, 1932. Sex control in Cladocera. VII. Male production in relation to temperature. *Physiol. Zool.* **5**(2): 218—229。
- [12] Fritsch, R. H., 1954. Die Lebensdauer von *Daphnia spec.* bei verschiedener Ernährung, besonders bei Zugabe von Pantothensäure. *Z. wiss. Zool.* **157**(1): 35—56。
- [13] Green, J., 1956. Growth, size and reproduction in *Daphnia*. *Proc. Zool. Soc. London* **126**(2): 173—203。
- [14] Helmut, S., 1961. Qualitative und quantitative Planktonuntersuchungen im Elbe-Acstuar. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* **26**(1/2): 5—105。
- [15] MacArthur, J. W. & W. H. T. Baillie, 1929. Metabolic activity and duration of life. II. Metabolic activity in *Daphnia magna*. *J. exp. Zool.* **53**(2): 243—268。
- [16] McClendon, J. E., 1910. On the effect of external condition on the reproduction of *Daphnia*. *Amer. Nat.* **44**: 404—411。
- [17] Meijering, M. P. D., 1959. Herzfrequenz und Lebensablauf von *Daphnia magna* Straus. *Z. wiss. Zool.* **161**(3/4): 239—265。

PRELIMINARY STUDIES ON THE SEASONAL VARIATIONS OF CLADOCERA IN LAKE TAI-HU

DU NAN-SHAN, LAI WEI & DENG XUE-HUAI

(Department of Biology, Hwatung Pedagogical University, Shanghai)

(ABSTRACT)

This paper contains the results of qualitative and quantitative studies on the seasonal variations of cladocera in Lake Tai-Hu. The observations were carried out

between August 1959 and July 1960. The results obtained are summarized as follows:

1. The cladocera are rather rich in species. There are 44 species among which *Leptodora kindtii* (Focke), *Sida crystallina* (O. F. Mueller), *Diaphanosoma brachyurum* (Liéven), *Diaphanosoma sarsi* Richard, *Daphnia pulex* (de Geer), *Daphnia longispina* (O. F. Mueller), *Scapholeberis mucronata* (O. F. Mueller), *Ceriodaphnia rigaudi* Richard, *Moina macrocopa* Straus, *Bosmina longirostris* (O. F. Mueller), *Bosmina coregoni* Baird, *Bosmina fatalis* Burckhard, *Bosminopsis deitersi* Richard, *Iliocryptus agilis* Kurz, *Camp tocercus rectirostris* Schoedler, *Alona intermedia* Sars, *Alona rectangula* Sars, *Rhynchotalona falcata* (Sars), *Graptoleberis testudinaria* (Fischer) and *Chydorus sphaericus* (O. F. Mueller) are very commonly found in the Lake.

2. Each cladoceran species has its own seasonal history, and usually a few common species in one month are apparently absent in the following month. As a result of this peculiarity of seasonal variations, the species number of cladocera changes in every month. The maximum occurs in September while the minimum occurs in January and February.

3. The individual number of the total cladocera varies from month to month. It reaches a maximum in September and drops down to a minimum in February.

4. Among the cladocera of the Lake *Ceriodaphnia rigaudi* Richard, *Bosmina coregoni* Baird and *Diaphanosoma sarsi* Richard are the dominant species in individual number. The seasonal fluctuations of the individual number of the total cladocera are mainly affected by the fluctuations of the individual number of these predominant species.

5. Both qualitative and quantitative seasonal variations of cladocera are correlated with seasonal changes of the environmental factors, particularly water temperature.