

太湖秀丽白虾生物学与食性的研究

施炜钢 严小梅 邵旭文

(中国水产科学院淡水渔业研究中心, 无锡 214081)

提要 对太湖秀丽白虾怀卵亲体进行培养, 两次共获苗 1.35 万余尾, 在实验室内成功地完成了虾苗至亲体一个生命周期的饲养。同期结合对太湖白虾的定期采样测定, 分析描述了太湖白虾的生长与繁殖规律, 并对其食性进行了定性与定量的研究分析。

关键词 太湖 白虾生长 繁殖 食性定量分析

太湖秀丽白虾 (*Palaeomon modestus* Heller) 为太湖主要经济渔获对象“太湖三小”之一。无论从产量或产值上讲, 它在太湖渔业中都居于较重要的地位。随着沿湖各研究单位对“三小”的不断深入研究, 相应提出了太湖大银鱼、短吻银鱼的一系列增殖保护措施。本项实验对太湖白虾生物学和食性进行研究, 期望通过本项实验, 能为合理调整太湖“三小”种群结构, 提高其综合效益, 提供一些基础性参考依据。

1 材料与方法

1.1 生物学测定

由于在太湖中白虾幼虾难以采集, 采集到的其它规格标本目前尚无法鉴定月龄, 为确保实验材料为同一年龄组, 制定在白虾繁殖季节(5月)从太湖采集抱卵亲虾, 在实验室中饲养, 至幼体出膜, 并将幼体分离移入水箱中人工饲养, 每月取 10 尾进行生长指标测定。

1.2 食性分析测定

1.2.1 定性测定 从 6 月起, 每月从太湖中采取白虾标本 10 尾, 同期从实验室水族箱中采取相同月龄的人工养殖虾 5 尾, 平行进行胃解剖, 在镜下观察食性成分结构。

1.2.2 定量测定 每月从实验室水族箱中采取白虾 15 尾, 实验分 3 步:

(1) 取 5 尾移入投有浮游生物的定量水体中, 若干小时后, 固定水样, 镜下观察水体浮游动物的初始浓度、终末浓度。

$$\text{实耗生物均量}(\text{mg/尾} \cdot \text{小时}) = \frac{(\text{初始浓度 mg/L} - \text{终末浓度 mg/L}) \cdot (\text{水体积 L})}{(\text{培养尾数}) \cdot (\text{培养耗时})}$$

(2) 取 5 尾进行胃解剖, 取胃内容物称重;

(3) 取 5 尾移入净水中进行排空试验, 饱食状态下的白虾, 头胸甲下的胃内食物很清

收稿日期: 1993 年 11 月 12 日; 接受日期: 1994 年 1 月 14 日。

作者简介: 施炜钢, 男, 1953 年生, 助理研究员。1982 年毕业于大连水产学院养殖系。主要从事大水面养殖及渔业资源工作。发表有“长江中下游河蟹资源变动特征及原因”、“太湖秀丽白虾增殖机理剖析”等论文。

晰,观察至胃内食物完全消失时,记录排空时间。

实耗碎屑及生物量(mg/尾·小时) = 胃内容物均重 / 平均排空耗时

实耗碎屑均量(mg/尾·小时) = 实耗碎屑及生物量 - 实耗生物均量

1.3 日常饲养管理

采用 250L 水族箱对白虾出膜幼体进行饲养,水族箱具充气、循环水、排污设备,以防水质突变。日常投喂浮游生物、颗粒饵料、动物内脏、肉糜蛋白、螺、蚌等。

2 实验结果

2.1 白虾亲体及幼体生物学

表 1、2 的实验抱卵亲虾从太湖中采集,捕捞时均已抱卵,故实际抱卵天数不止 15~18 天。出膜结束后对分离出的幼体打样估算。由于幼体破膜持续近一周,亲虾与幼体同在一个水体中,密度较高,幼体分离工作量较大,亲虾摄食幼体较严重,因而幼体出膜估算量低于实际出膜量。后几次幼体出膜时,采用粗目筛网在水族箱朝阳面拦截一小块空间(夜间采用光照),幼体有明显趋光性,钻过筛孔聚集到朝阳处,减低了亲虾对幼体的伤害,效果良好。我们也曾当亲体腹部的卵粒眼点出现时,将卵块剪下放入净水中进行循环水充气孵化,取得了较好的效果,但此方法对亲虾杀伤严重。出膜幼体垂直倒挂于水体中,进入平游阶段约需 4 天左右,结果见表 1、2。

第一组 8 只亲虾产后两天内全部脱壳并存活,脱壳后的亲虾于 8 月 7 日前后第二次抱卵,抱卵量明显小于第一次,约为第一次的 1/2。抱卵期 15 天(此时水温高于 6 月),于 8 月

表 1 第一组亲虾抱卵结果

Tab. 1 Records of the shrimp reproduction in Group I

亲 虾	亲体取样地点	取样日期	数 量 (只)	孵化水温 (℃)	酸碱度	最低溶解氧 (mg/L)	出苗日期	孵化时间 (天)
	渔港乡	1992.5.20	8	24~27	6.4~8.0	3.5	1992.6.3	15
	亲虾产后存活率 (%)	亲虾均体长 (mm)	均全长 (mm)	均体重 (g)	均抱卵量 (粒)	产后脱壳率 (%)	出膜幼体估算 (尾)	
	100	51	72	2.97	374	100	550	
虾 苗	幼体破膜均体长 (mm)	破膜均全长 (mm)	破膜均体重 (mg)	至平游期 均体长(mm)	至平游期 均全长(mm)	至平游期 均体重(mg)	虾苗成活率 (%)	
	3.20	4.34	1.5	4.24	5.74	1.5	100	

表 2 第二组亲虾抱卵结果

Tab. 2 Records of the shrimp reproduction in Group II

亲 虾	亲体取样地点	取样日期	数 量 (只)	孵化水温 (℃)	酸碱度	最低溶解氧 (mg/L)	出苗日期	孵化时间 (天)
	三山湖	1992.6.16	44	23.5~26	6.0~7.5	3.5	1992.7.4	18
	亲虾产后存活率 (%)	亲虾均体长 (mm)	均全长 (mm)	均体重 (g)	均抱卵量 (粒)	产后脱壳率 (%)	出膜幼体 估算(尾)	
	20	49.5	70.0	2.88	354	100	13000	
虾 苗	幼体破膜均体长 (mm)	破膜均全长 (mm)	破膜均体重 (mg)	至平游期 均体长(mm)	至平游期 均全长(mm)	至平游期 均体重(mg)	虾苗成活率 (%)	
	3.16	4.29	1.5	4.30	5.79	1.5	100	

21 日前后出膜,7 只死亡,仅剩一只亲虾再次脱壳存活,于入冬前死亡。

第一组出膜幼体生长至 8 月 20 日,有 12 尾虾当年达性成熟抱卵,约占养殖虾雌雄总数的 2.7%,整个周期 78 天,其它多数生长至 1993 年 5 月 17 日(345 天,隔年),全部达性成熟,雌虾头胸甲下性腺呈淡绿色,并排卵于腹部,进入抱卵期。卵椭圆形,具粘性,产后粘附于第 1~4 腹肢上,随着胚胎发育,卵色由淡绿色渐变成淡黄色,后期略透明,眼点明显可见。

第二组出膜幼体生长至 9 月 15 日,也有少部分虾当年达性成熟,并开始抱卵,整个周期 72 天。同期在太湖采集到的最小个体成熟亲虾,其个体及怀卵量均大于人工饲养虾,结合笔者 1984~1985 年调查^①,测定对照见表 3。

2.2 白虾食性定性测定结果

白虾摄食种类及出现频率测定见表 4。

太湖优势种生物量为 1992 年 6、8、10 月和 1993 年 1、4 月(共 5 次)在全太湖 18 个样点实测均值。太湖白虾胃内主要浮游动物种类出现频率见图 1。

经水族箱饲养观察发现,白虾对浮游动物的摄食无明显偏爱,主要取决于饵料的易得性。由表 4 可见,白虾胃内浮游动物出现频率基本与太湖常年的优势种群相吻合。白虾明显偏爱新鲜动物蛋白,并残食刚脱壳的同类,在饵料贫乏时才摄取颗粒饵料及腐屑。白虾喜栖敞水区,而怀卵虾喜隐匿、攀悬于水生植物上。

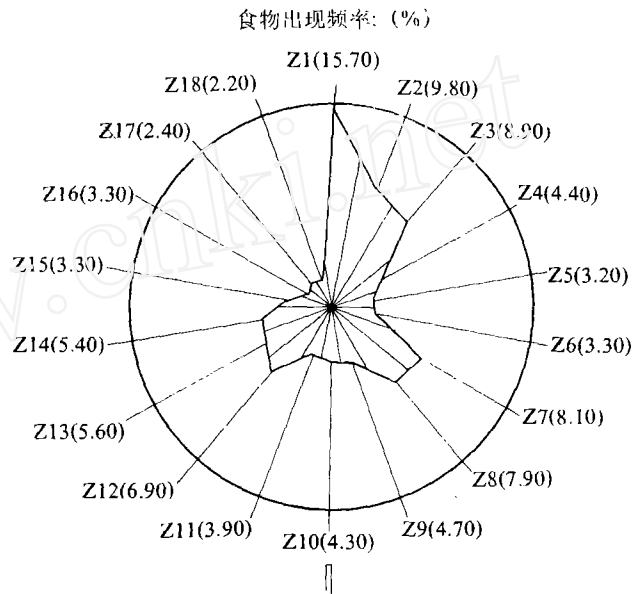


图 1 太湖自然生长白虾胃内食物出现频率
Z1~Z18 相应于表 4 各浮游生物种类

Fig. 1 Emergent frequency of zooplanktons
in the shrimp stomach

表 3 太湖白虾生物学最小型测定

Tab. 3 Measurement of biological minimal form of the shrimp

群 体	采集地点	日 期	均体长(mm)	均体重(g)	平均抱卵量(粒)
当 年	实验室	1992. 8. 20	27. 00	0. 48	88
	实验室	1992. 9. 15	27. 17	0. 51	91
	太 湖	1992. 8. 20	31. 00	1. 011	126
隔 年	实验室	1993. 5. 17	50. 15	2. 84	344
	太 湖	1993. 5. 20	51. 00	2. 97	374
	太 湖	1992. 8. 20	52. 13	3. 07	197
	太 湖	1984. 4. 20	53. 33	3. 47	477
	太 湖	1985. 5. 20	53. 15	3. 33	452

① 施炜钢. 太湖秀丽白虾生长特征的初步研究. 太湖水产增殖, 1985, (2): 20~26.

表 4 白虾摄食种类及出现频率测定

Tab. 4 Feeding types and emergent frequency of the shrimp

图 标	太湖自然生长白虾			实验室人工饲养白虾	
	浮游生物种类	太湖优势 种生物量 (个/L)	胃内出 现频率 (%)	浮游生物种类	胃内出现 频率 (%)
Z1	无节幼体 <i>Nauplius</i>	151.222	15.7	温剑水蚤 <i>Thermocyclops</i> sp.	13.24
Z2	拟剑水蚤 <i>Paracyclops</i> sp.	23.997	9.8	锥肢蒙镖水蚤 <i>Mongolodiptomus birulai</i>	7.24
Z3	长刺温剑水蚤 <i>Thermocyclops dybowskii</i>	6.237	8.9	僧帽蚤 <i>Daphnia cucullata</i> Sars	13.15
Z4	汤匙华哲水蚤 <i>Smocalanus dorii</i>	1.718	4.4	象鼻蚤 <i>Bosmina</i> sp.	12.21
Z5	荡镖水蚤 <i>Neutrodiaptomus</i> sp.	0.688	3.2	赫肠蚤 <i>Chydorus</i> sp.	7.53
Z6	猛水蚤 <i>Harpacticoida</i>	0.648	3.3	铃花臂尾轮虫	7.14
Z7	赖爪低鼻蚤 <i>Simocephalus eximiosus</i>	14.293	8.1	<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas	
Z8	柯氏象鼻蚤 <i>Bosmina coregoni</i> Baird	12.977	7.9	角突臂尾轮虫	5.12
Z9	直额裸腹蚤 <i>Moina rectirostris</i>	4.720	4.7	<i>Brachionus angularis</i> Gosse	
Z10	长肢秀体蚤 <i>Diaphanosoma leuchtenfelteri</i> granum Fischer	3.766	4.3	曲腿龟甲轮虫 <i>Keratella valga</i>	2.88
Z11	僧帽蚤 <i>Daphnia cucullata</i> Srs	1.378	3.9	迈氏三肢轮虫 <i>Filinia maior</i>	2.57
Z12	沟痕泡轮虫 <i>Pompholyx sulcata</i> Hudson	79.222	3.9	跃进三肢虫 <i>Filinia passu</i>	1.23
Z13	螺形轮虫 <i>Keratella cochlearis</i>	56.778	5.6	剪形臂尾轮虫	1.14
Z14	角突臂尾轮虫 <i>Brachionus angularis</i> Gosse	41.111	5.4	<i>Brachionus forficula</i> Wierzejski	
Z15	针簇多肢轮虫 <i>Polyarthra trigla</i> Ehrenberg	27.778	3.3	螺形龟甲轮虫 <i>Keratella cochlearis</i>	0.76
Z16	舞跃轮虫 <i>Acanthocyclops vernalis</i> Bartsch	17.778	2.0	无节幼体 <i>Nauplius</i>	7.91
Z17	矩形轮虫 <i>Keratella quadrata</i>	15.667	2.4	无齿幼蚌 <i>Anodonta</i> sp.	3.17
Z18	曲腿龟甲轮虫 <i>Keratella valga</i>	13.667	2.2	幼螺 <i>Gastropoda larvae</i>	2.66
				螺(卵) <i>Gastropoda eggs</i>	12.05

2.3 白虾的生长与食性定量测定结果

白虾生长与食性定量见表 5。

实耗碎屑及动浮总量 = $(116.28/11) \times 345 \times 24/1000 = 87.527(g)$

饵料系数 = 实耗碎屑及动浮总量/体重净增量 = $87.527/2.84 = 30.82$

饵料转换率 = 体重净增量/实耗碎屑及动浮总量 = $2.84/87.527 \times 100\% = 3.25\%$

本批实验用苗为 6 月 3 日出膜,实耗碎屑均量包括颗粒饵料、腐屑、动物内脏,肉糜总量,浮游动物量另计。饵料系数及转换率均按水体中所有可食饵料总量计算(包括水体自生及外源性饵料)。食性试验目的是要描述白虾在天然水域非人工投饵情况下所食各种饵料的系数与转换率,因此在饵料系数的计算上不同于人工养殖情况下仅考虑人工投饵量与净增重量的关系,而忽略了水体自生及外源性饵料。

各月龄的体长及体重增长曲线见图 2。

体长与体重间有一定的相关关系,但不密切,这与白虾的脱壳生长特性有关,实测发现相同体长下的刚脱壳虾与临近脱壳虾在体重上差异很大,后者明显重于前者。

由表 5 可见,12 月至第二年 3 月即冬季白虾生长缓慢,饵料转换率较低,摄食饵料大都用于体能消耗,6~11 月和 3~5 月生长速度较快,饵料转换率较高,饵料系数也相对较低。不同生长阶段的饵料系数及转换率见图 3。

表 5 白虾的生长与食性定量测定结果

Tab. 5 Shrimp growth and quantitative assay of its feed

测定日期	体长均值 (mm)	体重均值 (g)	胃内容物 均重(mg)	排空时间 (h)	实耗碎屑 及动浮均量 (mg/尾·h)	实耗动浮 均量 (mg/尾·h)	实耗碎屑 均量 (mg/尾·h)	不同生长阶段	
								饵料 系数	饵料转换率 (%)
1992. 6. 7	4. 24	0. 0015							
1992. 7. 10	16. 36	0. 0818	2. 20	3. 083	0. 71	0. 06	0. 65	7. 00	14. 29
1992. 8. 8	24. 00	0. 2607	5. 70	2. 500	2. 28	1. 24	1. 04	8. 87	11. 27
1992. 9. 17	29. 60	0. 6270	11. 30	2. 500	4. 52	2. 23	2. 29	11. 85	8. 43
1992. 10. 17	33. 00	0. 8490	18. 60	2. 500	7. 44	5. 94	1. 54	24. 13	4. 14
1992. 11. 16	35. 60	1. 0600	20. 79	2. 200	9. 45	7. 61	1. 84	32. 25	3. 10
1992. 12. 17	37. 95	1. 1650	25. 31	2. 450	10. 33	8. 64	1. 69	39. 41	2. 53
1993. 1. 17	38. 00	1. 2540	30. 46	2. 510	12. 14	10. 66	1. 48	101. 49	0. 99
1993. 2. 16	38. 64	1. 4250	37. 42	2. 800	13. 36	11. 66	1. 70	56. 25	1. 78
1993. 3. 17	40. 04	1. 6000	32. 10	2. 750	13. 60	12. 11	1. 49	55. 95	1. 78
1993. 4. 17	47. 00	2. 4300	46. 44	2. 384	19. 48	17. 02	2. 46	17. 46	5. 73
1993. 5. 17	50. 16	2. 8400	55. 67	2. 424	22. 97	19. 69	3. 28	40. 34	0. 24
小 计					116. 28	96. 86	19. 46		

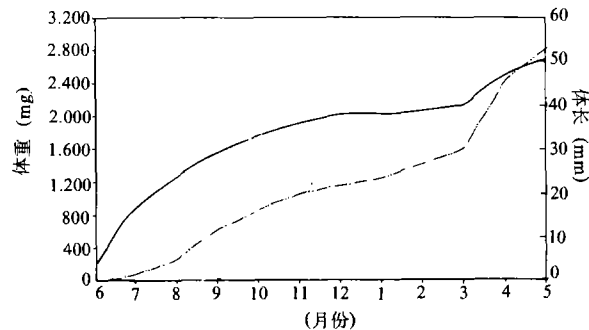


图 2 各月龄体长(实线)和体重(虚线)增长

Fig. 2 Increase of body length (solid line) and weight (dash line) in different growth stages

3 小结与讨论

(1) 1992~1993 年间的白虾生物学最小型均小于 1984~1985 年(表 3)。白虾亲体似乎有规格趋小迹象,但因笔者缺乏连续年间资料,目前尚难以下结论。太湖“三小”均为一年生,并喜栖于敞水区,无论从生境及饵料利用上均极为相似,近年来随着对太湖的繁保措施及禁捕期的逐步调整完善,使得太湖银鱼资源得以保护发展的同时,湖鲢及白虾的产量有所下降,湖鲢资源得以抑制,因其低值不受欢迎为我们合理调整“三小”种群结构的目标之一,但由于未制定相应的白虾增殖保护措施,加之太湖目前的高强度捕捞,白虾资源量近年来有所下降,白虾产量从 1952 年的 166. 5t 增至 1975 年历史记录 2310. 90t,1984 年起又有下降趋

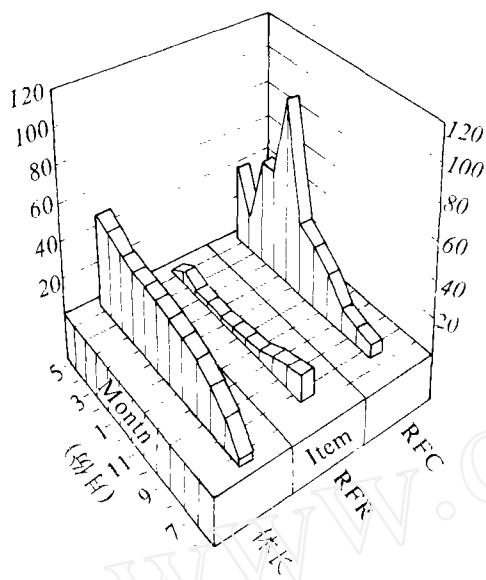


图3 各月龄体长组饵料系数及转换率

L:体长;RFR:饵料转换率(%);RFC:饵料系数

Fig. 3 Relations of food rate and RFC with body length

势。而银鱼产量近年来在相对稳定的同时略有上升。如何抑制湖鲢,确保银鱼、白虾,合理调整种群结构是当前太湖迫切需要研究的项目(图4)。

(2) 虾苗破膜时均体长 3.2mm;均体重 1.5mg。至平游期约 4 天,平游期均体长 4.24mm;均体重 1.5mg。

(3) 6~7 月孵化的虾苗,经二个半月左右的生长(78 天)有少部分当年虾能达生物学最小型,并交配怀卵,能继续生长至第二年。这与巢湖白虾生殖方式基本一致。巢湖当年性成熟白虾体长为 30mm^{①②},也与太湖白虾规格相近。

太湖白虾其生物学最小型指标如表 7 所示。

(4) 幼体能正常出膜的水质条件:

水温 23.0~30.0℃;pH6.0~9.5;溶解氧 3.5~10.4mg/L;亲虾抱卵期长短因

水温而异,需 15~32 天,采用循环水保持水质清新可明显加速幼体出膜。产后亲虾 1~2 天内即行脱壳,继续生长 80 天左右,再行第二次抱卵,产后大都死亡。

由于在太湖中采集到的白虾样本个体大小不一,尤其 5~9 月间的样本年龄结构复杂,因而无法精确地描述太湖白虾的寿命,但在实验室人工饲养并观察,其年龄约为 15 月,大部

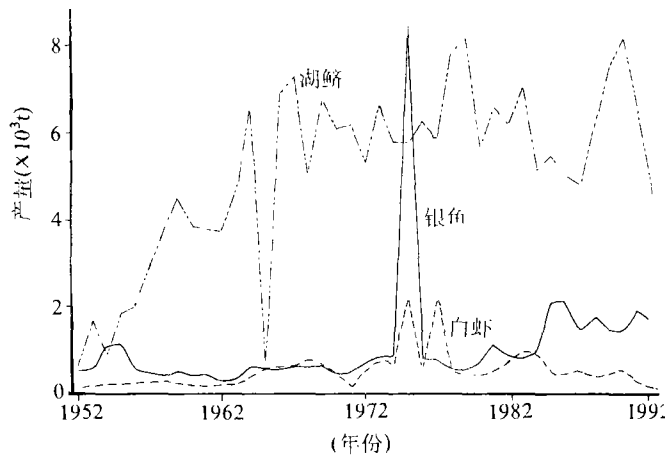


图4 太湖“三小”捕捞产量统计

Fig. 4 Catching yield of three small species of fishes since 1952 in Taihu Lake

① 谈奇坤. 巢湖的虾类. 巢湖渔业资源增殖研究资料, 第 1 集, 1981: 80~85.

② 谈奇坤等. 巢湖虾类的资源及其增殖. 巢湖渔业资源增殖研究资料, 第 2 集, 1981: 39~43.

表 7 太湖白虾生物学最小型指标

Fig. 7 Biological minimal of *Palaeomon modestus* (Heller) in Taihu Lake

样品来源	体 长(mm)	全 长(mm)	体 重(g)	怀卵量(粒)
实验室取样	27	33	0.48	88
同期太湖取样	31	50	1.011	126

分虾至 11 月龄左右达性成熟。第一次抱卵经约 32 天,幼体出膜(即形成太湖中的春汛苗),至 14.5 月龄左右,第二次抱卵约 15 天,幼体出膜(即形成太湖中状汛苗),而后相继死亡。经养殖间接证明了太湖白虾生殖为分批产卵,由于第二次抱卵量明显小于第一次,可能就是造成太湖秋汛苗量少于春汛的缘故。养殖中首次发现春季苗仅经 78 天生长,有少部分能达性成熟,并能生长至第二年再次加入生殖群体,其生殖机制有待研究。

(5) 进入平游期后即摄取浮游植物及轮虫为饵,一周后就能捕捉小型枝角类与挠足类,并转入杂食性。对浮游动物的种类无明显选择性,主要取决于饵料易得性。太湖样本胃内浮游动物种类随太湖浮游动物优势种类变化而变化。白虾明显偏爱新鲜动物蛋白,如螺、蚌、动物内脏、尸体、水陆生昆虫等。在饥饿时才才摄取颗粒饵料、腐屑、正在脱壳的白虾,或挖取同类及自身卵粒。

(6) 出膜幼体经 345 天生长,体长可达 50.16mm,体重 2.84g,饵料系数为 30.82;饵料转换率为 3.25%。

太湖白虾无专一捕捞期,渔获产量均为银鱼等其它鱼汛中夹带产量,但太湖渔民设置的“虾把”网具,4~9 月间渔获虾为清一色抱卵虾,对白虾资源杀伤极大。同时太湖吸螺丝船在虾苗汛期对其杀伤很大,因虾苗游泳能力很弱,大量的虾苗在吸螺丝船作业时被吸入舱内,造成虾苗资源的巨大损失。

鉴于近年来白虾资源衰退,因此在白虾繁殖季节(4~9 月)应禁止“虾把”网具作业。虾拖网、抄虾网网目拟不小于 7mm,严格控制吸螺丝证的发放数额,以保护虾苗资源,并规定作业区域,在太湖目前现有的三个常年繁殖保护区内开展人工植被工作,以诱导亲体进入繁殖保护区免遭杀伤。

(7) 本实验因受人力所限,未能平行进行摄食节律试验,故饵料系数及转换率可能还不能精确反映实际客观。由于太湖采集的白虾,年龄结构复杂,鉴定尚有困难,幼体又难以采集,因而采用室内饲养结合太湖调查来对其生长及食性定量进行研究分析,间接地对太湖白是生殖、生长及食性加以描述。白虾生活于敞水性水域中,室内人工试养在生态环境、饵料结构、生命周期等方面与自然水体相比均会有很大差异,从生长角度也能看出人工养殖的白虾个体、产卵量均小于自然水体。

致谢 本实验得到太湖湖管会凌更生、胡绍坤同志大力支持与协助,值此表示感谢!

参 考 文 献

- 1 林瑞才等.近缘新对虾的饥饿、摄食和食性.水产学报,1992,16(3):189~200
- 2 王凯伟等.甌江海南沼虾的生物学及人工养殖初探.淡水渔业,1990,(5):9~12

- 3 黄富友等. 海南沼虾繁殖特性的初步观察. 水产养殖, 1989, (3): 12~13
- 4 刘瑞玉. 南海对虾类. 北京: 农业出版社, 1986. 161~168
- 5 雷期祥, 苏惠美. 草虾以不同饵料喂饲时之生长用生存率. 台湾水产学会杂志, 1985, 12(2): 54~69
- 6 黄海水产研究所. 养殖虾饵料的粘合方法及其生长和同化的影响. 国外海洋水产, 1974, (4): 32~44
- 7 Chu K H *et al.* Feeding behavior of the shrimp *Metapenaeus ensis* on *Artemia nauplii*. *Aquaculture*, 1986, 58: 175~184
- 8 Omori M. Growth, feeding and mortality of larval and early postlarval stages of the oceanic shrimp *Sergestes similis* Hansen. *Limnol Oceanogr*, 1979, 24(2): 273~288
- 9 Sandifer P A. Effects of population density on growth and survival of *Macrobrachium rosenbergii* reared in recirculating water management system. Proc. 5th Annual Workshop World Mariculture Society, 1975: 29~40

BIOLOGY AND FEEDING HABIT OF *PALAEON MODESTUS* (HELLER) IN TAIHU LAKE

Shi Weigang

(Freshwater Fisheries Research Center of CAFS, Wuzi 214081)

Abstract

Through the investigation of *Palaemon modestus* (Heller) in Taihu Lake, we explored the resource alternation and food composition of shrimp. The shrimp resources decreased rapidly with the increase of ice-fish resources. Its catching yield reduced from 2310.90 ton in 1975 to 156.25 ton in 1992. The shrimp was omnivorous and had no distinct selection to zooplankton. The residues of zooplankton in the shrimp stomach are similar to the dominant populations of zooplankton in the lake. We also cultured the shrimp larvae hatched in laboratory and studied their growth, reproduction and quantitative assay of feeding, 2.7 percent of the larvae which were cultured 2.5 months and hatched in June or July might reach to their biological minimal form and others reached to their biological minimal form at eleven-month-age in May next year, and bore eggs in the second time at 14.5-month-age, but the egg number was clearly less than the first time. Parent shrimps died continuously after their larvae hatched. It is proved indirectly that the age of the shrimp was about fifteen monthes through culture in two times' egg-laying of the same reproduction population. By means of laboratory experiment, we also conclude that the feed rate of the shrimp was 30.82, and the food efficient change 3.25 percent.

Key Words Taihu Lake, *Palaemon modestus* (Heller), biology, food habits