

## 太湖河蚬时空格局<sup>\*</sup>

蔡 炜<sup>1,2</sup>, 蔡永久<sup>2</sup>, 龚志军<sup>2\*\*</sup>, 秦伯强<sup>2</sup>

(1: 南京信息工程大学环境科学与工程学院, 南京 210044)

(2: 中国科学院南京地理与湖泊研究所湖泊与环境国家重点实验室, 南京 210008)

**摘 要:** 2006年12月–2007年11月对太湖河蚬种群进行了周年逐月调查. 河蚬在分布区的年均密度和生物量分别为265.7 ind./m<sup>2</sup>和100.9 g/m<sup>2</sup>, 在夏、秋季均达到高值. 根据壳长频数分布的周年变化, 太湖河蚬一年一代, 繁殖期主要在5–7月份. 河蚬主要分布在贡湖湾、马迹山以南区域、西南湖区和小梅港沿岸区域. 分析表明, 太湖中河蚬的空间分布表现出明显的差异性, 这种差异性受到多种因素的综合影响. 在北部梅梁湾和竺山湾湖区湖泊中的低溶氧量是限制河蚬生长的最重要因素; 在贡湖湾、马迹山以南湖区和西南部湖区, 各种生境条件和底质性质适合河蚬的生长繁殖, 其密度和生物量的最高值出现在贡湖湾的中心区域(820.0 ind./m<sup>2</sup>, 522.9 g/m<sup>2</sup>); 在东太湖湖区浮游植物密度较低, 底质中有机质较少, 食物来源是影响河蚬分布的较重要因素.

**关键词:** 太湖; 空间分布格局; 河蚬

## Temporal and spatial patterns of *Corbicula fluminea* in Lake Taihu

CAI Wei<sup>1,2</sup>, CAI Yongjiu<sup>2</sup>, GONG Zhijun<sup>2</sup> & QIN Boqiang<sup>2</sup>

(1: College of Environmental Science and Engineering, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, P. R. China)

(2: State Key Laboratory of Lake Science and Environment, Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, P. R. China)

**Abstract:** An annual investigation on *Corbicula fluminea* in Lake Taihu was carried out monthly from December 2006 to November 2007. The annual average density and biomass of *C. fluminea* were 265.7 ind./m<sup>2</sup> and 100.9 g/m<sup>2</sup>, respectively. Both the density and biomass peaked during the summer. According to the annual dynamics of the frequency distributions of shell length, *C. fluminea* reproduced once a year, and mainly occurred during April–June. *C. fluminea* distributed mainly in the Gonghu Bay, the region south to Mt. Majishan, the southwest lake region and the littoral regions of the Xiaomei Port. The spatial distribution of *C. fluminea* showed great diverse, resulting from combined effects of multiple factors. In Meilang Bay and Zhushan Bay, oxygen concentration of lake water may be the most important factor limiting the growth of *C. fluminea*. In the Gonghu Bay, the region south to Mt. Majishan and the southwest lake region, various habitats including sediment properties are suitable for the growth and reproduction of *C. fluminea*. The highest density and biomass of *C. fluminea* were found in the central area of Gonghu Bay (820.0 ind./m<sup>2</sup>, 522.9 g/m<sup>2</sup>). In the east region of Lake Taihu, the density of phytoplankton and organic matter concentration in sediment are relative low. Therefore, in this region, food availability may be the main factor that limiting the distribution of *C. fluminea*.

**Keywords:** Lake Taihu; spatial distributional pattern; *Corbicula fluminea*

河蚬(*Corbicula fluminea*), 为瓣鳃纲双壳类软体动物<sup>[1]</sup>. 河蚬一般生活在底质为砂、砂泥或泥砂的江

\* 中国科学院重大项目(KZCX1-YW-14)、水体污染控制与治理科技重大专项项目(2009ZX07101-013)和国家自然科学基金项目(40730529, 31070418)联合资助. 2009–12–21 收稿; 2010–03–30 收修改稿. 蔡炜, 男, 1982年生, 硕士研究生; E-mail: caiwei198247@sina.com.

\*\* 通讯作者; E-mail: zjgong@niglas.ac.cn.

河、湖泊、池沼、沟渠中,营穴居生活,适宜生长的水温为 $9-32^{\circ}\text{C}$ <sup>[2]</sup>.河蚬原产于我国和东南亚地区,现已广泛分布于世界各地水域,是数量较大的重要底栖动物,也是许多江河水库等淡水生态系统的优势种,对当地水生生态系统的物质循环和能量流动有重要影响.

国外许多地区都将河蚬列为危害性入侵种,并对其在各种水域中的空间分布状况和对本地种的危害展开了大量积极的研究<sup>[2-7]</sup>.结果显示,环境条件的差异性常常造成不同地区之间河蚬的空间分布状况是不尽相同的,其密度变化范围十分大,在一些水域仅为 $3-212\text{ind.}/\text{m}^2$ ,但在少数湖泊中也可超过 $3000\text{ind.}/\text{m}^2$ <sup>[8-10]</sup>.而且河蚬具有较强的繁殖能力和快速的传播能力,这使得它在与本地物种竞争食物和生存空间时处于优势地位,其生活过程中的掘穴等活动对当地的基础设施也造成一定的损坏<sup>[11]</sup>.

国内对河蚬的研究开展得较晚,研究方向主要集中在生理学和生态学.从研究内容看,国内的研究主要集中于河蚬对污染物质的富集和不同条件下河蚬内部生理机理的变化,同时也有学者利用河蚬研究了双壳类壳体碳同位素组成所指示的气候和环境意义<sup>[12-19]</sup>.在生态学方向,徐钢春等研究了温度、溶氧、放养密度胁迫对河蚬溶菌酶(LSZ)和超氧化物歧化酶(SOD)活性的影响<sup>[20]</sup>.孙平跃等研究了季节变化和个体大小对河蚬积累Zn, Cu, Pb, Cd和Cr的影响<sup>[21]</sup>.有关各类水域中河蚬时空分布变化,特别是大型浅水湖泊中河蚬生长变化及其与环境因子关系的研究进行的较少<sup>[22-25]</sup>.因此,本研究于2006年12月至2007年11月对太湖中河蚬资源的分布进行了逐月调查,并在此基础上应用地理信息系统(GIS)技术对太湖河蚬的时空分布进行了初步分析,同时探讨了其与环境因子之间的关系,为探明太湖河蚬资源的现状提供一定帮助.

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区域概况及采样点布设

太湖是我国第三大淡水湖,实际水面面积为 $2338\text{km}^2$ ,湖岸线总长 $495\text{km}$ ,平均水深 $1.89\text{m}$ .本研究根据预采样结果在太湖全湖共设29个采样点(图1),每季度采一次样,分别为2007年2月、2007年5月、2007年8月、2007年11月;同时选取29个采样点中的THL3、THL5、THL8、THL13、THL16、THL18、THL19、THL20、THL21、THL22、THL24、THL25、THL27和THL30共14个采样点分别在2006年12月和2007年的1月、3月、4月、6月、7月、9月、10月进行加采.

### 1.2 样品采集和处理

采样工作从2006年12月至2007年11月,为期一年,一般在每月15日左右进行.定量采集使用 $1/40\text{m}^2$ 改良Petersen采泥器,每个样点采集一至两次,泥样经60目尼龙网筛选,标本直接手工挑出,并置于10%福尔马林保存.河蚬幼小个体的壳长在解剖镜下

测定(舜宇ST60,放大范围:5-160倍),较大的个体直接用游标卡尺测量(恒量, $0.01\text{mm}$ , $0-150\text{mm}$ ).称量河蚬湿重时,先用滤纸将待测标本体表的水分吸去,直至滤纸上没有湿的印迹为止,然后用电子天平称量(CANY MP1002, $0.01\text{g}$ , $0-100\text{g}$ ).

### 1.3 空间数据处理

从国家基础地理信息系统(NFGIS)中获取太湖的轮廓图.将野外采集数据输入计算机,构建太湖河蚬的数据库.基于专业GIS软件ArcGIS 9.0(ESRI, Environmental Systems Research Institute, USA)平台,将获取的湖泊轮廓图作为基图,导入样点的地理坐标进行定位,样点通过编号与太湖河蚬的数据库相连.研究应用的

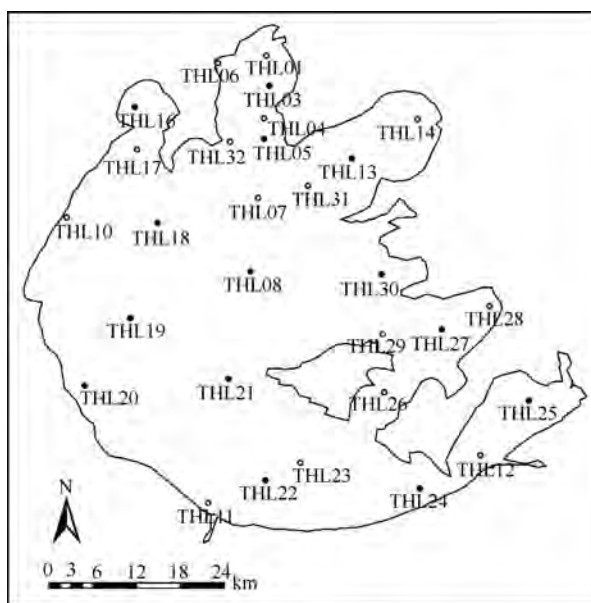


图1 太湖采样点示意(点为逐月采集,2007年2月、5月、8日和11月采集所有样点)

Fig. 1 The sampling sites of Lake Taihu

GIS 软件平台为 ESRI 公司开发的专业地理信息系统软件 ArcGIS Desktop. 在已生成的湖泊轮廓图及样点分布图的基础上, 结合太湖河蚬的分布特点, 以河蚬的密度和生物量为变量, 利用反距离权重法运算, 模拟生成太湖河蚬空间分布格局图.

2 结果

2.1 体长与体重的关系

动物的体长和体重关系通常用幂函数关系式  $W = aL^b$  来表示, 其中幂指数  $b$  值可以用来判断动物的生长情况. 本研究中河蚬体长与体重关系曲线的拟合用 Statistica 软件进行, 曲线拟合采用最小二乘法. 太湖河蚬体长与体重的关系为:

$$\lg(W) = -3.554 + 3.183\lg(L) \tag{1}$$

表 1 不同体长范围内河蚬体长 - 体重关系的  $b$  值

Tab. 1 Values of parameter  $b$  in different body length intervals of *Corbicula fluminea*

| 体长范围(mm)    | $b$ 值 | 决定系数( $R^2$ ) | 标本数 |
|-------------|-------|---------------|-----|
| 1.5 - 21.43 | 3.18  | 0.98          | 264 |
| 1.5 - 3     | 3.48  | 0.89          | 31  |
| 1.5 - 4     | 3.32  | 0.92          | 63  |
| 1.5 - 5     | 3.37  | 0.88          | 85  |
| 1.5 - 6     | 3.98  | 0.91          | 112 |
| 1.5 - 7     | 3.93  | 0.94          | 132 |
| 1.5 - 8     | 3.84  | 0.95          | 165 |
| 1.5 - 9     | 3.45  | 0.96          | 198 |
| 1.5 - 10    | 3.48  | 0.95          | 236 |
| 10 - 21.43  | 3.33  | 0.98          | 28  |
| 11 - 21.43  | 3.50  | 0.98          | 12  |
| 12 - 21.43  | 3.83  | 0.99          | 7   |
| 15 - 21.43  | 4.11  | 0.99          | 5   |
| 16 - 21.43  | 4.31  | 0.99          | 6   |
| 18 - 21.43  | 4.33  | 0.98          | 3   |
| 2 - 3       | 3.29  | 0.84          | 28  |
| 3 - 4       | 3.05  | 0.77          | 32  |
| 4 - 12      | 3.21  | 0.93          | 194 |
| 12 - 19     | 3.17  | 0.98          | 5   |

式中,  $W$  为河蚬带壳湿重 (g);  $L$  为河蚬体长 (mm);  $R^2 = 0.98$ ; 样本数  $n$  为 264. 河蚬与鱼类的情形类似, 也可根据体长和体重关系式中参数  $b$  的大小来判断河蚬的生长状况. 当  $b = 3$  时河蚬处于等速生长,  $b$  值大于或小于 3 时河蚬都处于异速生长. 不同体长范围内河蚬体长与体重关系的  $b$  值表明, 河蚬在不同的生长阶段对应的  $b$  值不同, 且变化幅度较大 (表 1), 河蚬从幼蚬到成年蚬的生长发育过程可以概括为: 异速生长——等速生长——异速生长. 当计算样本包括所有体长范围的河蚬时,  $b$  值趋近于 3.

2.2 密度和生物量的周年变化

太湖河蚬在分布区的年均密度和生物量分别为 265.7 ind./m<sup>2</sup> 和 100.9 g/m<sup>2</sup>. 在温度较低的冬季, 河蚬密度较低, 进入春季温度回升后开始增大, 但春末夏初时河蚬的密度又有所下降; 夏季时河蚬密度急剧升高, 到夏末秋初时出现最大值, 为 480 ind./m<sup>2</sup>, 这段时期河蚬密度仅在 8 月有略微下降; 初秋过后河蚬密度显著下降. 河蚬的生物量在冬季处于一个低谷, 这是由于该时期温度较低河蚬停止摄食, 主要消耗自身能量从而导致其生物量下降; 入春后温度上升, 河蚬开始正常的摄食活动, 其生物量也开始增大, 春末夏初时河蚬的生物量又出现一个低谷; 进入夏季河蚬的生物量开始持续增大, 其最大值出现在 9 月, 为 203.4 g/m<sup>2</sup>; 秋季中后期河蚬的生物量出现了剧烈下降.

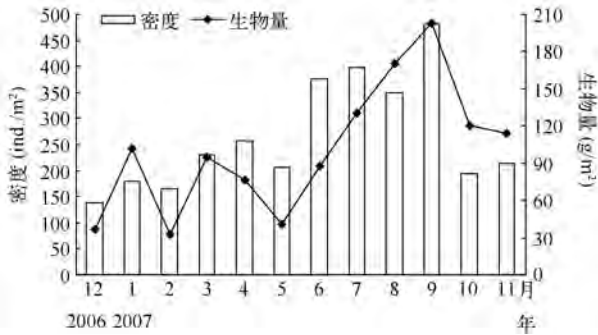


图 2 太湖河蚬现存量的月动态 (2006 年 12 月至 2007 年 11 月)  
Fig. 2 Monthly dynamics of the standing crops of *Corbicula fluminea* in Lake Taihu from December 2006 to November 2007

## 2.3 太湖河蚬的空间分布格局

2.3.1 太湖河蚬年均分布格局 利用 ArcGIS 软件对太湖河蚬年平均密度和年平均生物量的空间分布格局进行表征(图3).可以看出太湖中河蚬的密度存在4个高浓度斑块区域,分别位于太湖东北部的贡湖湾湖区、太湖西北部马迹山以南区域、太湖西南部沿岸区域和南部小梅港沿岸区域(图3a).其中最高值出现在贡湖湾中心区域,为 $820.0 \text{ ind./m}^2$ .在太湖东部和东南部湖区河蚬的数量较少.太湖河蚬年平均生物量的分布格局图显示(图3b),其高值区域主要有2个,分别位于贡湖湾中心和马迹山以南,最高单位生物量出现在贡湖湾中心区域,达 $522.9 \text{ g/m}^2$ .

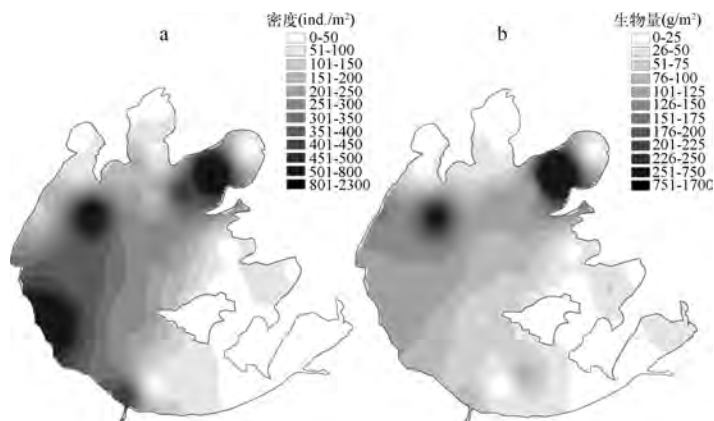


图3 太湖河蚬密度(a)和生物量(b)分布格局

Fig. 3 Spatial patterns of the density (a) and biomass (b) of *Corbicula fluminea* in Lake Taihu

2.3.2 太湖河蚬不同季节的空间分布 从不同季节河蚬空间分布格局可以看出(图4),冬季(12-2月)河蚬密度的高峰出现在西太湖区域,最大值为 $680.0 \text{ ind./m}^2$ ,在贡湖湾中心区域也呈现较大的密度.冬季是一年河蚬生物量最低的时期,其高值区域主要分布在西太湖,最大值为 $200.9 \text{ g/m}^2$ ,在太湖北部的梅梁湾口和东北部的贡湖湾区域河蚬的生物量水平也相对较高.春季(3-5月)太湖河蚬的密度与冬季相比明显增大,且表现出向北、向南扩展的趋势.贡湖湾仍然是河蚬密度的高值区,但中心略向湾口移动;西太湖的高值区中心移至太湖西南部沿岸区和南部小梅港沿岸区域;该时期河蚬密度的最大值为 $1200.0 \text{ ind./m}^2$ .春季时河蚬的生物量存在2个高值区,分别在太湖南部和西南部沿岸区,但与冬季相比增幅不大,河蚬生物量最大值为 $216.7 \text{ g/m}^2$ .夏季(6-8月)太湖中河蚬的密度存在两个呈带状分布的高值区,第一块区域是从贡湖湾到马迹山以南的横断面,这部分区域基本为东北-西南走向;第二块区域为太湖西南部到南部小梅港的整个沿岸区,这部分区域与沿岸地形一致为西北-东南走向.夏季河蚬生物量的高值区主要分布在贡湖湾到西太湖沿岸的横断面上,生物量的最大值高达 $1693.2 \text{ g/m}^2$ .同时期胥口湾及周边区域河蚬的密度和生物量也有所增大.秋季(9-11月)时河蚬密度高值区又恢复为斑块分布,主要区域为湖心区和马迹山以南区域,在贡湖湾湾口和太湖南部小梅港沿岸区域也有两个较小高值区.秋季河蚬生物量的高值区域较为集中,分布在马迹山以南,呈斑块状.同时贡湖湾存在一个小的低值中心.值得注意的是,秋季在东太湖也出现了一定规模的河蚬分布,这在其他季节中没有发现.总的来说,河蚬在太湖中分布较广泛,主要分布区域为太湖东北部、西部和西南部,河蚬密度和生物量的高值区域也基本位于这3个区域,其高值中心在贡湖湾湖心区和马迹山以南区域,在西南部沿岸区也存在一个河蚬密度的高值中心.

## 2.4 太湖河蚬体长的分布与世代

从一周年河蚬体长频率分布可以看出(图5),太湖河蚬最大频率的体长范围是逐月增大的.2006年12月太湖河蚬最大频率的体长范围为5-6mm.2007年1月太湖河蚬最大频率的体长范围略有增大为6-7mm,并一直保持到2007年2月,这可能与冬季低温河蚬生长停止有关.2007年3月后太湖河蚬进入生长期,最大频率的体长范围变为7-8mm,4月该范围明显增大,为9-10mm.2007年5月太湖河蚬最大频率的

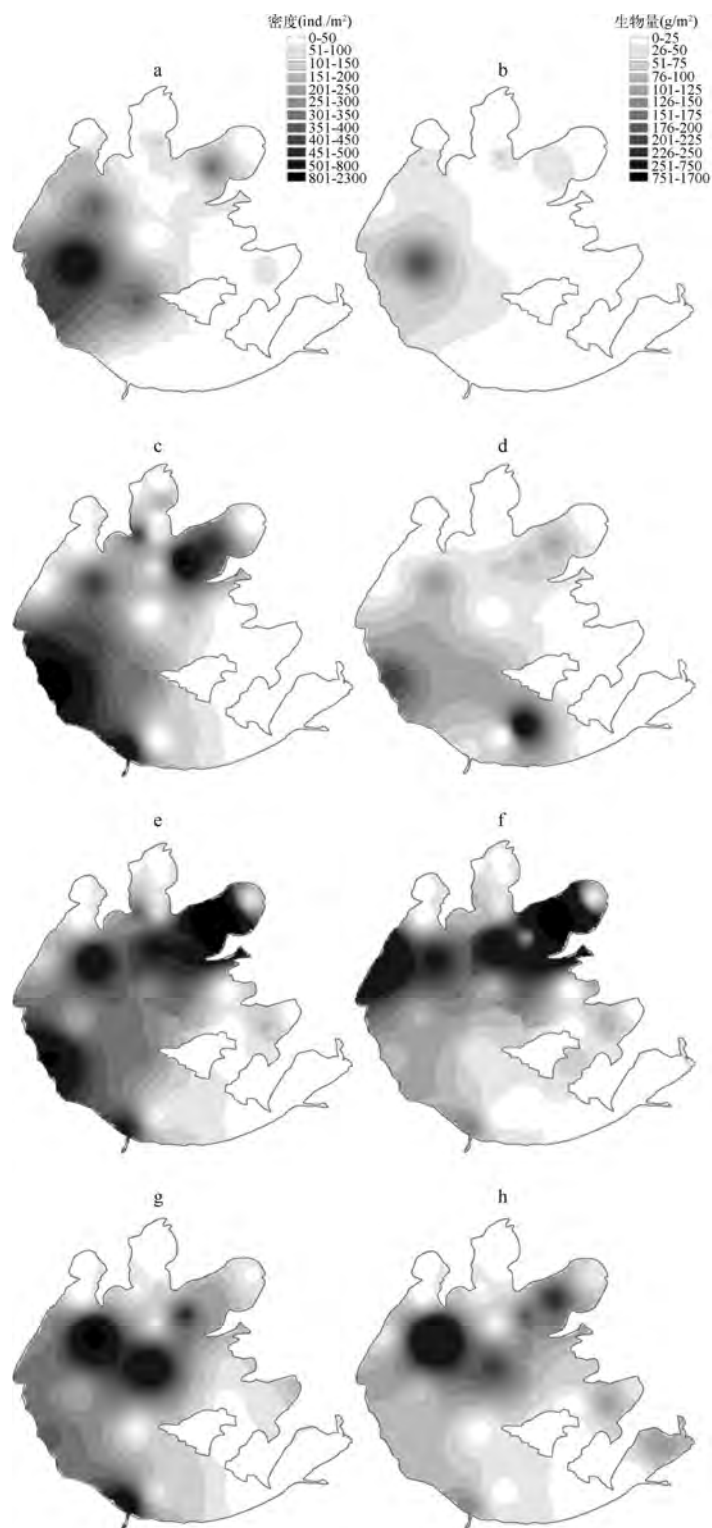


图4 不同季节太湖河蚬密度和生物量的空间分布格局(a,b:冬季;c,d:春季;e,f:夏季;g,h:秋季)

Fig. 4 Spatial patterns of the densities and biomasses of *Corbicula fluminea* in Lake Taihu in different seasons

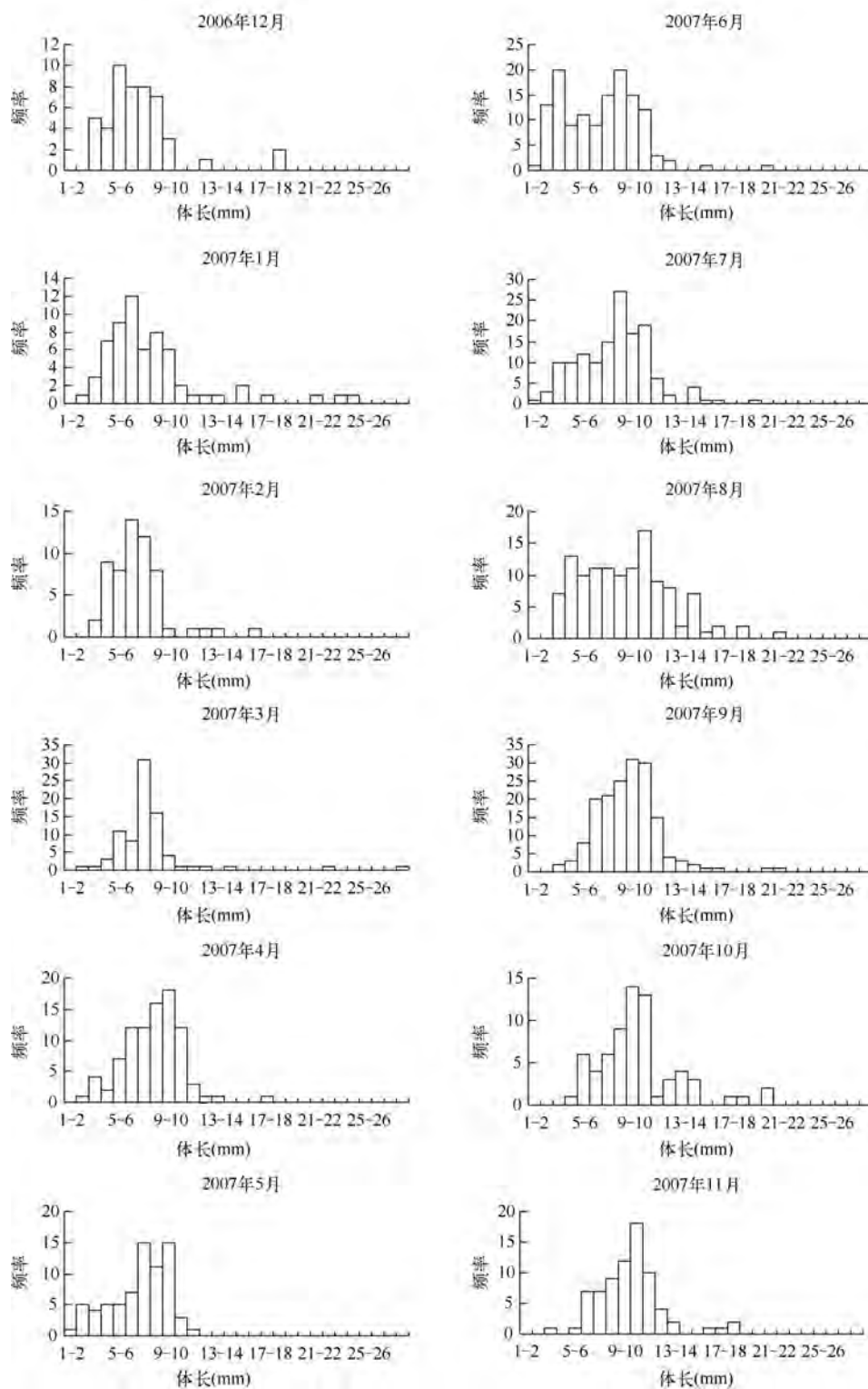


图5 太湖河蚬的体长频率分布

Fig. 5 Frequency histograms of the shell length of *Corbicula fluminea* in Lake Taihu

体长范围出现两个,分别为7–8mm和9–10mm. 2007年6月最大频率的体长范围也为2个,值得注意的是其中一个范围为3–4mm. 2007年7月太湖河蚬最大频率的体长范围和6月相比变化不大. 到2007年8月河蚬最大频率的体长范围增大为10–11mm,并且此后3个月一直保持该范围不变. 全年仅有2007年5、6、7三个月出现过体长小于2mm的河蚬,这表明河蚬在这期间进入了繁殖期,所以幼小个体迅速增加. 一周年中采集到的最小河蚬为1.80mm,最大河蚬为28.41mm.

### 3 讨论

#### 3.1 太湖中河蚬空间分布的差异与历史变化

太湖中河蚬的分布表现出明显的差异性,这种差异性可能受到多种因素的综合影响. 在贡湖湾、马迹山以南湖区和西南部湖区,底部沉积物多属粉砂,粘土质粉砂类型,其粒径范围较广,易受风浪扰动,氧气含量较高<sup>[26-27]</sup>. 同时,这部分湖区中水深大都处于1.5–2.5m<sup>[26]</sup>,而河蚬生长的最适水深恰为1.3–2.2m. 因此,在这些湖区中各种环境因素利于河蚬的生长繁殖,表现出较高的丰度. 叶绿素是衡量浮游植物初级生产力的重要指标,而浮游植物是河蚬的重要食物来源,对河蚬的分布有直接影响. 在北部梅梁湾和竺山湾湖区水体中叶绿素浓度较高,藻类数量较多,这虽然满足了河蚬对食物的需求,但藻类的大量存在消耗了水体中的氧,特别是夏季水华暴发时极易造成河蚬缺氧死亡. 该区域中沉积物的粒径较细,底质中含氧量较低,也不利于河蚬生长. 因此,这两个湖区中影响河蚬生长的主要因素可能为湖泊中氧气的含量. 从梅梁湾湾口开始向湖心,水体中叶绿素浓度是逐渐降低的,但河蚬密度和生物量的分布却是逐渐升高的,这也在一定程度上证明了前面的推测. 在东太湖湖区由于水草的存在致使水体透明度较高,浮游植物密度较低,底质受扰动较小,供河蚬滤食的食物较少. 从太湖底质中有机质的分布看,该区域是太湖底质中有机质分布相对较少的区域<sup>[28]</sup>,这导致河蚬能够主动摄食的食物不足. 因此,可以判断食物来源的不足是影响东太湖湖区河蚬分布较少的一个重要因素.

近50年来,太湖中河蚬的分布状况发生了很大的变化<sup>[25,27,29]</sup>. 从20世纪60年代初到80年代末,梅梁湾和竺山湾湖区有大量的河蚬分布,但随着藻类水华的大规模暴发,这两个湖区的水体环境发生了巨大的变化. 沉积物中和水体中的含氧量降低直接限制了河蚬的生存发展,河蚬的分布量逐渐降低并有从湖湾向湾口退去的趋势. 在西太湖藻类数量的增多和有机质的增加为河蚬提供了丰富的食物资源,而该区域适宜的水深和广阔的水域面积使得水体底层含氧量较高. 因此该湖区五十年来一直为太湖河蚬分布的高值区域.

#### 3.2 不同湖泊中河蚬现存量的差别

河蚬在国内外淡水湖泊中有广泛的分布,但是随着所处环境条件的不同现存量有明显差异. 根据文献报道,统计了鄱阳湖、巢湖、洪泽湖和抚仙湖中河蚬的现存量(表1)<sup>[23,30-32]</sup>. 将其与太湖中河蚬现存量的调查结果对比,发现河蚬的密度和生物量都随着湖泊深度的增加而减小. 这与1999–2000年侯冠军等对女山湖贝类资源的调查结果是一致的,他们认为河蚬的种群密度在浅水区较高,随水深增加逐渐递减<sup>[33]</sup>. 造成这种现象的原因可能与水温随水深的变化有关. 水体深度增加时,底部水温也相应地降低,这可能会超出河蚬生存的适宜温度范围从而不利于河蚬种群的发展. 随着水深的增加,风浪对水体底部沉积物的扰动作用也会减小,而沉积物受到扰动产生的再悬浮颗粒物是河蚬重要的食物来源之一,因此可以推测水深的增加会对河蚬的食物源造成间接影响,这也会阻碍河蚬种群向深水区域发展. 鄱阳湖中单位面积河蚬的密度和生物量明显要低于其他4个湖泊,但是考虑到鄱阳湖面积巨大<sup>[32]</sup>,所以推测该湖中河蚬总的现存量仍是相当客观的(表2). 分析河蚬生物量和密度的比值还可以发现,各湖泊中河蚬的规格都不大,其中太湖河蚬的规格尤其短小(表1),而曹文明等也报道过太湖河蚬的组成结构中有50%体长小于1.5cm<sup>[25]</sup>,造成这种现象的原因可能与人为的大规模捕捞大个体河蚬有关. 影响河蚬现存量的主要因素还有底质. Karatayev等在研究Lake Nacogdoches时发现在不同的底质环境中河蚬的密度和生物量发生很大变化<sup>[3]</sup>,在粘土底质以及粘土与石头混合底质中河蚬生物量和密度较大;在底质为砂土时河蚬的密度和生物量分别为14.3ind./m<sup>2</sup>和45.87g/m<sup>2</sup>;底质为淤泥时河蚬的密度和生物量最小. 但也有学者认为河蚬最适宜生活在砂质底质中. 如刘俊在研究湘江软体动物多样性时发现河蚬在砂质淤泥底质中丰度最高,在粘土底质中数量最少<sup>[34]</sup>. 本研究

中河蚬主要分布在贡湖湾、马迹山以南湖区和西南部湖区,已有研究表明,这三个区域中的沉积物类型主要为粉砂和泥质砂<sup>[29]</sup>.这种类型的沉积物不仅利于河蚬掘穴固定栖居,而且其受风浪扰动后产生的再悬浮颗粒物也可被河蚬滤食,但是在太湖这样的富营养湖泊中河蚬的食物来源是充足的,因此食物不大可能成为限制河蚬生长的因素.

表 2 不同湖泊中河蚬的现存量  
Tab.2 Standing crops of *Corbicula fluminea* in different lake

| 地点  | 时间                       | 密度(ind./m <sup>2</sup> ) | 生物量(g/m <sup>2</sup> ) | 面积(km <sup>2</sup> ) | 平均水深(m) | 营养水平  |
|-----|--------------------------|--------------------------|------------------------|----------------------|---------|-------|
| 太湖  | 2006 年 12 月至 2007 年 11 月 | 265.7                    | 100.9                  | 2427.8               | 1.8     | 富营养   |
| 鄱阳湖 | 2007 年                   | 7.823                    | 19.8                   | 146-4070             | 8.4     | 中富营养  |
| 巢湖  | 2002 年                   | 21.8                     | 78.4                   | 780                  | 3       | 重度富营养 |
| 洪泽湖 | 2005 年 6 月               | 106.66                   | 120.84                 | 1960                 | 3-4     | 中富营养  |
| 抚仙湖 | 2005 年 6 月至 7 月          | 43                       | 29.1                   | 216.6                | 87      | 贫营养   |

3.3 河蚬生活史的差异

幼蚬出生 3-4 个月后即达成熟开始繁殖后代<sup>[2]</sup>.河蚬在一年中繁育的后代数为一代或两代,但这并不是固定的.国外有学者认为在亚洲和北美一年中河蚬有两个繁殖期,一个在春季,另一个在秋季,且两个繁殖期可以通过幼蚬数量的变化区分开来<sup>[35]</sup>.但是也有一些研究显示河蚬在一年中只出现一次繁殖过程.Mouthon Jacques 在研究 1996-1999 年法国里昂 Saone 河中河蚬生活周期的变化时发现,河蚬每年只存在一次繁殖过程,繁殖期开始的时间通常为 5 月或 6 月,到 9 月或 10 月时繁殖基本结束<sup>[36]</sup>.通常一个繁殖期中只存在一个繁殖高峰期,但在该研究中也发现 1997 年和 1999 年都存在 2 个繁殖高峰期.本研究中太湖河蚬的繁殖期与上述结论相比略短一点,从 5 月开始进入繁殖,并一直持续到 7 月底 8 月初,在一周年的时间里只繁殖了一代.对于一年中河蚬繁殖代数变化的原因目前还不是十分清楚,有待于今后进一步研究.河蚬的寿命一般为 3-5 年,影响其寿命长短的原因很多,主要与河蚬自身的生长速率和所处环境有关.根据 McMahon 的报道当河蚬第一年体长达到 16-30mm 时其寿命大约为 3 年<sup>[37]</sup>,可是在 Saone 河里河蚬第一年的平均长度仅为 10.8-13.5mm,但其寿命却达到了 5 年<sup>[36]</sup>.在北美的一些水域中矿物质的含量和水体营养水平都十分低,导致生活在这些水体中的河蚬的生长速率很低,在一些贫营养的水库中许多环境因子都不适合河蚬生长但其寿命也能达到 5 年以上<sup>[27,38-40]</sup>.这似乎表明河蚬的生长速率与其寿命的长短呈反比,但还有待于进一步证明.

4 参考文献

[ 1 ] 刘 敏,熊邦喜. 河蚬的生态习性及其对重金属的富集作用. 安徽农业科学,2008,26(1):221-224.  
[ 2 ] 刘月英,张文珍,王跃先. 中国经济动物志——淡水软体动物. 北京:科学出版社,1979:119-123.  
[ 3 ] Karatayev A, Burlakova L, Kesterson T *et al.* Dominance of the Asiatic clam, *Corbicula fluminea*( Müller ), in the benthic community of a reservoir. *Journal of Shellfish Research*, 2003, 22(2): 487-493.  
[ 4 ] McMahon R. The occurrence and spread of the introduced Asiatic freshwater clam, *Corbicula fluminea*( Müller ), in North America;1924-1982. *Nautilus*, 1982, 96: 134-141.  
[ 5 ] McMahon R. Invasive characteristics of the freshwater bivalve, *Corbicula fluminea*. In: Claudi R, Leach JH eds. Nonin-digenous freshwater otganisms: vectors, biology and impacts. Boca Raton: Lewis Publishers, 1999: 315-343.  
[ 6 ] McMahon R, Bogan A. Mollusca: Bivalvia. In: Thorp J, Covich A eds. Ecology and classification of north American freshwater invertebrates. San Diego:Academic Press Inc, 2001:331-430.  
[ 7 ] Andreas V, Jost B, Armin K *et al.* Strong body mass decrease of the invasive clam *Corbicula fluminea* during summer. *Biological Invasions*, 2010, 12(1): 53-64.  
[ 8 ] Chandra S. Lake Tahoe and surrounding tributaries benthic surveys(2002-present). University of Nevada, Renv, United States, 2008.  
[ 9 ] Mosley D. Pyramid Lake Paiute Tribe field survey. Nixon, Nevada, United States, 1981.



- [10] Werner S, Rothhaupt KO. Effects of the invasive bivalve *Corbicula fluminea* on settling juveniles and other benthic taxa. *Journal of the North American Benthological Society*, 2007, **26**(4): 673-680.
- [11] Lopez C, Cloern J, Schraga T *et al.* Ecological values of shallow-water habitats: implications for the restoration of disturbed ecosystems. *Ecosystems*, 2006, **9**(3): 422-440.
- [12] 李天云, 黄圣彪, 孙 凡等. 河蚬对太湖梅梁湾沉积物中 HCHs 和 DDTs 的生物富集. 环境工程学报, 2008, **2**(8): 1009-1016.
- [13] 李天云, 黄圣彪, 孙 凡等. 河蚬对太湖梅梁湾沉积物多环芳烃的生物富集. 环境科学学报, 2008, (11): 2354-2360.
- [14] 李丽娜, 陈振楼, 许世远等. 非生物因子对河蚬重金属富集量的影响. 生态学杂志, 2005, (9): 1017-1020.
- [15] 孙平跃, 王 斌. 长江口区河蚬体内的重金属含量及其污染评价. 应用与环境生物学报, 2004, (1): 79-83.
- [16] 宋毅刚, 黄玉瑶. 闽江福州段河蚬体内的重金属含量. 海洋与湖沼, 1991, (2): 187-190.
- [17] 曾丽璇, 吴宏海, 陈桂珠. 镉铜污染对河蚬过氧化氢酶活性的影响. 华南师范大学学报(自然科学版), 2007, (4): 81-97.
- [18] 闫 慧, 李心清, 周 会. 淡水双壳类壳体碳同位素研究: 以河蚬 (*Corbicula fluminea*, Müller 1774) 为例. 地球化学, 2008, (3): 275-280.
- [19] 闫 慧, 李心清, 周 会. 河蚬壳体不同断面碳氧同位素研究. 沉积学报, 2008, (3): 513-517.
- [20] 徐钢春, 顾若波, 闻海波等. 环境胁迫对河蚬溶菌酶和超氧化物歧化酶活性的影响. 安徽农业大学学报, 2007, **34**(1): 74-78.
- [21] 孙平跃, 王 斌. 季节变化和个体大小对河蚬积累重金属的影响. 海洋通报, 2004, **23**(2): 19-24.
- [22] 李丽娜, 陈振楼, 许世远等. 长江口滨岸带河蚬的时空分布特征及其指示作用. 应用生态学报, 2006, (5): 883-886.
- [23] 邓道贵, 李洪远, 胡万明等. 巢湖富营养化对河蚬和环棱螺分布及种群密度影响. 应用生态学报, 2005, (8): 1502-1506.
- [24] 凌去非, 宋学宏, 康华东等. 昆承湖河蚬资源及水体理化因子的初步探讨. 水利渔业, 2001, (1): 44-46.
- [25] 曹文明, 周 刚, 盛建明等. 太湖河蚬资源现状及演变. 南京林业大学学报(自然科学版), 2000, (S1): 125-128.
- [26] 秦伯强, 胡维平, 陈伟民. 太湖水环境演化过程与机理. 北京: 科学出版社, 2004.
- [27] 黄漪平. 太湖水环境及其污染控制. 北京: 科学出版社, 2001: 72-80.
- [28] 李景钺, 薛济良. 太湖环境质量调查研究. 江苏省科委和长江水源保护局, 1982.
- [29] 太湖综合调查初步报告. 南京: 中国科学院南京地理研究所, 1965.
- [30] 严维辉, 潘元潮, 郝 忱等. 洪泽湖底栖生物调查报告. 水利渔业, 2007, **27**(3): 65-66.
- [31] 熊 飞, 李文朝, 潘继征. 抚仙湖底栖软体动物的种类组成与空间分布. 生态学杂志, 2008, **27**(1): 122-125.
- [32] 刘勇江. 鄱阳湖淡水双壳类的资源状况及优势种繁殖特性[学位论文]. 南昌: 南昌大学, 2007.
- [33] 侯冠军, 胡贤江, 潘庭双等. 女山湖贝类资源调查和增殖措施的研究. 水产科技情报, 2002, **29**(2): 68-70.
- [34] 刘 俊. 湘江软体动物多样性研究[学位论文]. 长沙: 湖南师范大学, 2006.
- [35] Sousa R, Antunes C, Guilhermino L. Ecology of the invasive Asian clam *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in aquatic ecosystems: an overview. *Annales De Limnologie-International Journal of Limnology*, 2008, **44**(2): 85-94.
- [36] Mouthon J. Life cycle and population dynamics of the Asian clam *Corbicula fluminea* (Bivalvia: Corbiculidae) in the Saone River at Lyon (France). *Hydrobiologia*, 2001, **452**(1): 109-119.
- [37] McMahon R. Ecology of an invasive pest bivalve, *Corbicula*. In: Russel HW ed. *The Mollusca*. New York: Academic Press, 1983: 505-561.
- [38] Hornbach D. Life history traits of a riverine population of the Asian clam *Corbicula fluminea*. *American Midland Naturalist*, 1992, **127**(2): 248-257.
- [39] Stites D, Benke A, Gillespie D. Population dynamics, growth, and production of the Asiatic clam, *Corbicula fluminea*, in a blackwater river. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1995, **52**(2): 425-437.
- [40] Mouthon J. Life cycle and population dynamics of the Asiatics clam *Corbicula fluminea* (Bivalvia: Corbiculidae) in Rhone River at Creys-Malville (France). *Hydrobiologia*, 2001, **452**(1-3): 109-119.