

保安湖浮游物和颗粒有机碎屑现存量 及季节变动与渔业生产*

王少梅 胡传林

(中国科学院水生生物研究所)

提要 1987年3月至1988年8月对保安湖所属大湖和桥墩湖浮游物和颗粒有机碎屑现存量作了测定。浮游物平均干重、无灰干重和颗粒有机碎屑量大湖分别为337.6、127.7和96.9t;桥墩湖分别为100.5、50.3和46.2t。浮游物和颗粒有机碎屑现存量具有明显的季节变动。黄丝草、聚草和苦草的碎屑分解对浮游物的形成起着重要的作用。用浮游物碳量估算鲢鳙鱼产潜力大湖为12.3kg/亩;桥墩湖为11kg/亩。

保安湖位于湖北省东南部大冶县境内(东经 $114^{\circ}43'$, 北纬 $30^{\circ}15'$), 为长江中下游的一个中型浅水湖泊, 属梁子湖水系。全湖面积为61540亩, 由石栏、土栏、网栏将全湖划分成五个湖区: 其中大湖(全湖的主体部分)为35000亩, 桥墩湖为15000亩, 肖四海为2540亩, 扁担塘为3000亩, 保安口为6000亩。湖内水草茂密, 主要水草为黄丝草、聚草和苦草。该湖平均水深1.5—2.5m, 最大水深为3.79m, 水温度变动为 6.5 — 31°C , 全年上下层温度基本相同, 湖水透明度大, 平均为1.57m左右。作者对大湖和桥墩湖的浮游物和颗粒有机碎屑现存量及其季节变动作了测定。

方 法

一、浮游物和颗粒有机碎屑现存量及其碳氮量的测算

每季度采集水样一次。大湖设两个采样点, 桥墩湖设一个采样点。根据湖水深度, 按0.5m的梯度采集混合水样带回实验室, 用经过煅烧处理(550°C , 2h)去掉滤膜上痕量有机物^[1,2]的玻璃纤维滤膜(Whatamat GF/C)抽滤两个等量水样、烘烤(78°C , 24h)称重, 其重量减去抽滤前经煅烧处理的滤膜重量即得浮游物干重。然后将此滤膜放入马福炉中煅烧(550°C , 2h)称重, 其重量减去抽滤前经煅烧处理的滤膜重量即得浮游物灰重。浮游物干重减去浮游物灰重即得浮游物无灰干重(即有机物重量)^[3]。用硝化纤维滤膜抽滤水样, 刮取滤膜上的颗粒物放入称量瓶中烘干, 用元素分析仪(CARCO ERBA—1106型)测得浮游物碳氮量。将浮游物的现存量及碳氮量减去浮游动物和浮游植物的现存量及碳氮量即得有机碎屑的现存量及碳氮量。浮游植物碳量是根据其叶绿素a量按公式 $C = 74.06 + 53.21 \text{chl a}$ 计算, 用 $C/N = 5:1$ 计算浮游植物氮量^[4]。

*此题属“七五”期间国家科研攻关项目的一部分。李纯厚、沈国华和苏泽古等同志为本文提供了有关资料, 郑英同志为插图复墨, 作者一并致谢。

二、水草碎屑的分解试验

保安湖水草生长旺盛期采集黄丝草、聚草和苦草, 风干放进 $8 \times 10\text{cm}$ 纱窗 (1mm^2) 制成的分解袋中, 分别做室内外分解试验 (室内分解试验采用保安湖混合水样)。定期采集水草和水样测定浮游物干重、无灰干重和碳氮量。

结 果

一、保安湖浮游物干重、无灰干重、碳氮量及其动态变化

浮游物测算结果表明: 大湖全湖浮游物平均干重、无灰干重、碳和氮量分别为 337.6、127.7、29.8 和 4.7t, C/N 平均为 6.55, 其变动范围在 5.2—8.9 之间; 桥墩湖全湖浮游物平均干重、无灰干重、碳和氮量分别为 100.5、50.3、11.7 和 1.6t, C/N 平均为 6.95, 其变动范围在 5.5—8.0 之间 (见表 1)。大湖和桥墩湖浮游物干重、无灰干重和碳氮量的变动具有明显的季节变化, 从春季开始, 其量开始上升, 秋季最高, 冬季开始下降。秋季大湖浮游物干重、无灰干重、碳氮量比其平均量分别高 38.36、35、67.4、70.56%; 桥墩湖浮游物干重、无灰干重、碳氮量比其平均量分别高 25.68、21.11、38.58、23.15% (见图 1)。

表 1 大湖和桥墩湖浮游物干重、无灰干重、碳、氮量

Tab.1 Dry weight, ash-free dry weight and C and N content in seston of Dahu and Jiaodunhu Lake

季 节	采 样 点	浮游物干重		浮游物无灰干重		浮游物碳量		浮游物氮量		C/N
		mg/L	总 量 (kg)	mg/L	总 量 (kg)	mg/L	总 量 (kg)	mg/L	总 量 (kg)	
春	大 湖 (I)	5.878	266605	1.745	79146	0.4154	18841	0.08	3630	5.2
	桥墩湖 (I)	3.455	69135	1.670	33357	0.3766	7536	0.068	1361	5.5
夏	(I)	2.999	207435	2.186	151201	0.3790	26211	0.064	4435	5.9
	(II)	2.395	71885	2.104	63152	0.3860	11655	0.053	1585	7.3
秋	(I)	6.865	467055	2.535	172466	0.7323	49821	0.118	8025	6.2
	(II)	4.210	126365	2.130	63932	0.5394	16150	0.067	2011	8.0
冬	(I)	9.753	409180	2.578	108160	0.5806	24361	0.065	2731	8.9
	(II)	7.485	134795	2.263	40754	0.6304	11353	0.088	1576	7.0
平均	(I)	6.374	337569	2.260	127743	0.5270	29808	0.082	4705	6.55
	(II)	4.386	100545	1.990	50298	0.4840	11683	0.069	1633	6.95

二、保安湖颗粒有机碎屑现存量、碳氮量及其季节变化

大湖全湖颗粒有机碎屑平均现存量、碳氮量分别为 96.94、13.96、2.04t, C/N 平均为 7.296, 其变动范围在 4.88—10.25 之间; 桥墩湖全湖颗粒有机碎屑平均现存量、碳氮量分别为 40.3、5.51、0.119t, C/N 平均为 34.52, 其变动范围在 28.13—49.19 之间 (见表 2)。它们的颗粒有机碎屑现存量及其碳氮量的季节变化与浮游物的季节变化规律是一致的 (见图 2), 以秋季为最高。秋季大湖颗粒有机碎屑现存量、碳氮量比平均量高 17.9、79.4、

19.7%；桥墩湖颗粒有机碎屑现存量、碳氮量比平均量高26.8、57.4、60.3%。

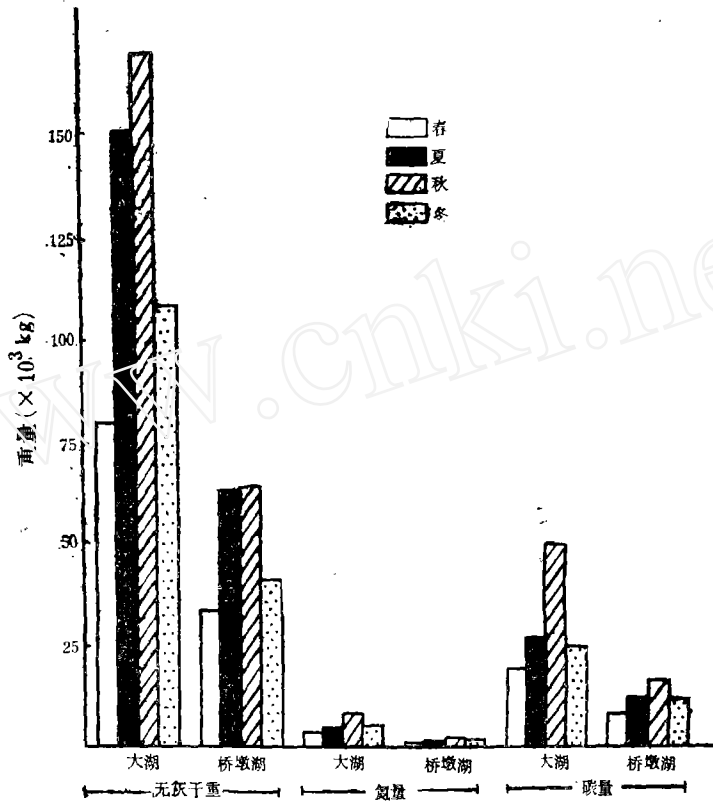


图 1 大湖和桥墩湖浮游物无灰干重、碳氮量的季节变化

Fig.1 Seasonal variations in ash-free dry weight and C and N content in seston of Dahu and Jiaodunhu Lake

表 2 大湖和桥墩湖颗粒有机碎屑现存量、碳、氮量

Tab.2 Quantity of particulate organic detritus and C and N content in Dahu and Jiaodunhu Lake

季 节	采 样 点	有机碎屑现存量 (无灰干重)		有机碎屑碳量		有机碎屑氮量		C/N
		mg/L	总量(kg)	mg/L	总量(kg)	mg/L	总量(kg)	
春	大 湖 (I)	1.32	59870	0.1543	6998	0.03156	1232	4.88
	桥 墩 湖 (I)	1.42	28415	0.1189	2879	0.0026	52	46.19
夏	(I)	1.55	107120	0.1244	8602	—	—	—
	(II)	1.38	41420	0.1828	5486	0.0073	218	29.25
秋	(I)	1.68	114295	0.3682	25050	0.036	2444	10.25
	(II)	1.70	51025	0.2892	8679	0.0103	309	28.13
冬	(I)	2.53	106480	0.3622	15194	0.0536	2248	6.758
	(II)	2.23	40160	—	—	—	—	—
平 均	(I)	1.77	96941	0.2523	13961	0.040	2041	7.296
	(II)	1.68	40255	0.1970	5515	0.007	193	34.52



图2 大湖和桥墩湖颗粒有机碎屑现存量、碳氮量季节变化

Fig.2 Seasonal variations in quantities of particulate organic detritus and C and N contents in Dahu and Jiaodunhu Lake

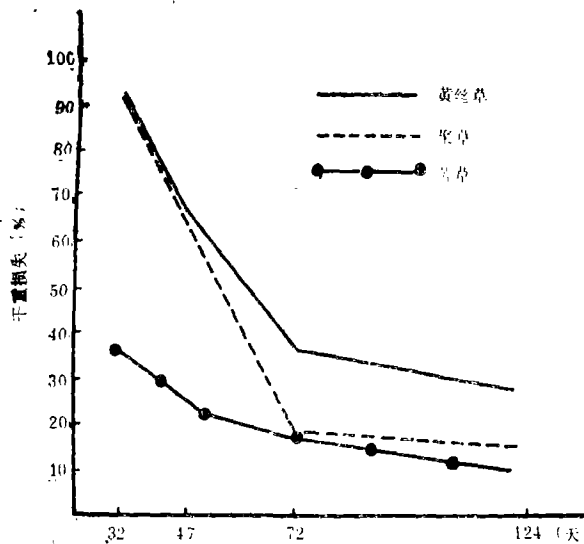


图3 黄丝草、聚草和苦草分解干重损失的动态变化

Fig.3 Dynamics of the loss in dry weight during decomposition of *Potamogeton maackianus*, *Myriophyllum spicatum* and *Vallisneria spiralis*

三、水草分解及水草碎屑分解期间浮游物形成动态

1987年室内水草分解试验表明：苦草、黄丝草和聚草分解32天，其干重损失分别为始重

的63.3%、8.0%和8.4%，而黄丝草和聚草分解72天，其干重损失才为始重的50%以上（见图3），这说明苦草的分解速度要比黄丝草、聚草快得多。根据 $W_t = W_0 \cdot e^{-kt}$ （式中 W_t 是碎屑在 t 时间的重量， W_0 是碎屑初始时重量， t 是分解天数， k 是速度常数）来计算 1988 年室外挂袋试验结果，可得苦草的 $k = 0.0115/\text{天}$ ，黄丝草和聚草的 $k = 0.0025/\text{天}$ 。Peterson 认为， $k > 0.01/\text{天}$ 为快组， $k < 0.005/\text{天}$ 为慢组，因此保安湖苦草的分解属快组，黄丝草和聚草属慢组，与室内分解速度试验结果一致。

在图4中，苦草分解32天，其碳氮量的损失为始重的50%左右；聚草分解72天，其碳的损失为始重的81.78%，其氮的损失为始重的67.75%，黄丝草分解72天，其碳的损失为始重的51.31%，其氮的损失为始重的45.01%。聚草比黄丝草碳氮的分解速度稍快。随着分解时间的增加，碳氮的损失量也随之增加，但分解速度较为平缓。

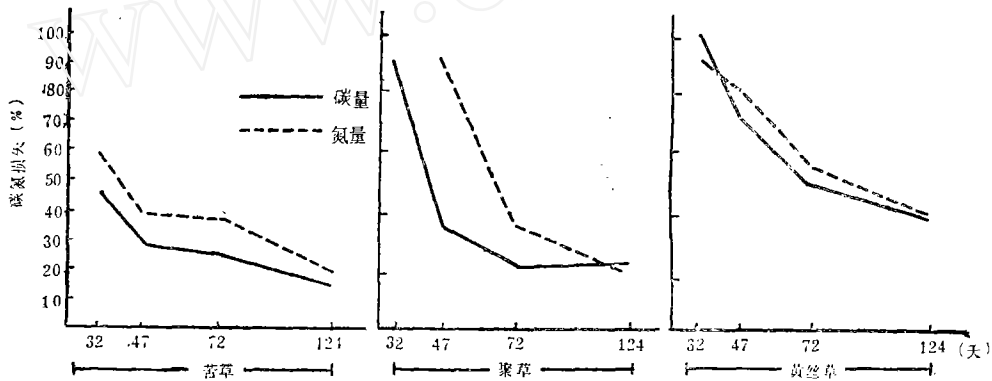


图4 黄丝草、聚草和苦草分解碳氮损失的动态变化

Fig.4 Dynamics of C and N loss during decomposition of Potamogeton maackianus, Myriophyllum spicatum and Vallisneria spiralis

三种水草有机物的变化结果表明：苦草分解32天，有机物损失为始重的52.2%，分解72天，有机物损失为始重的88.8%。聚草和黄丝草分解32天，其有机物损失分别为始重的1.7%

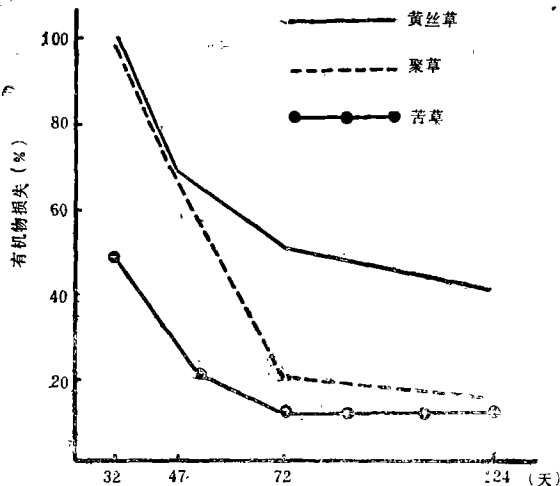


图5 黄丝草、聚草和苦草分解有机物损失动态变化

Fig.5 Dynamics of the loss in the organic matter during decomposition of Potamogeton maackianus, Myriophyllum spicatum and Vallisneria spiralis

和0.35%，分解72天，其有机物损失分别为始重的80.7%和50.2%。这说明苦草有机物的损失开始速度很快，而聚草和黄丝草有机物的损失开始速度很慢（图5）。室内沉淀杯中它们分解期间水中浮游物形成动态见图6。可见，黄丝草碎屑分解期间水体中浮游物形成速度平缓，聚草碎屑分解期间水体中浮游物碳量形成速度稍快，三种水草碎屑分解期间水体中浮游物干重和无灰干重的变化是一致的。

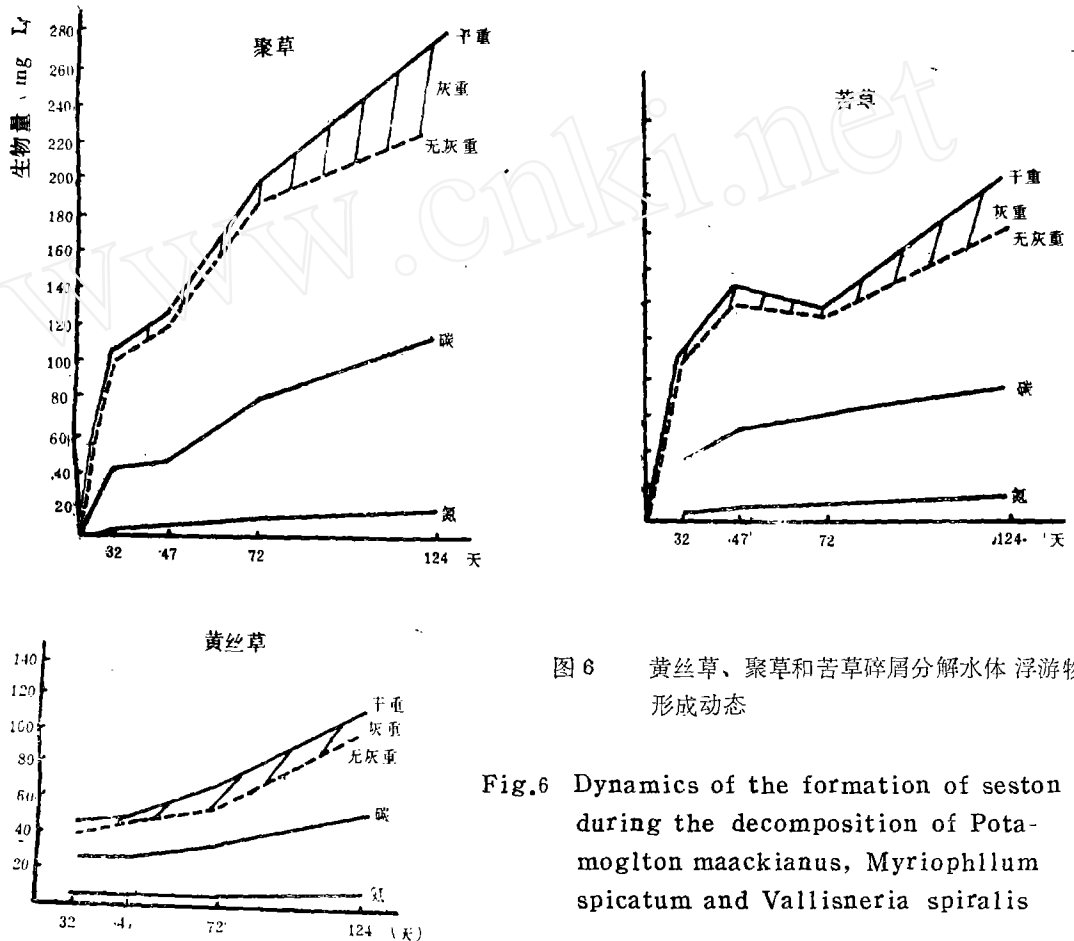


图6 黄丝草、聚草和苦草碎屑分解水体浮游物形成动态

Fig.6 Dynamics of the formation of seston during the decomposition of *Potamogeton maackianus*, *Myriophyllum spicatum* and *Vallisneria spiralis*

讨 论

一、水草碎屑分解对保安湖浮游物现存量动态的影响

水生植物在水生生态系统中起着很重要的作用，它们既能从还原的沉积物中吸收营养形成生物量，又能通过分泌将这些有机物释放到水中去，也能通过分解使营养物得到重新循环。因此它们能通过多种途径影响整个湖泊的代谢^[5]。黄丝草、聚草和苦草是保安湖的优势水草，生物量最高的是黄丝草（占总生物量的66.85%），其次是聚草（占总生物量的29.43%），其生物量变化以夏季最高、秋季最低。根据测算，春季大湖和桥墩湖水草总产量分别为89600、31867t；夏季为94955、41756t；秋季为63869、23926t，具有明显的季节变化。夏

季水草生长旺盛,除小部分为鱼所食外,其余大部分成为植物碎屑。本试验表明,黄丝草、聚草和苦草通过碎屑分解,能将自身的养分释放到水体中,因此,它们对保安湖水生态系统浮游物的形成起着重要作用,它们的生物量及其变化直接影响水体浮游物现存量及其变化。水草分解试验表明,黄丝草和聚草开始分解速度缓慢,自身养分的损失量和释放到水体中的养分量是很少的,随着分解时间的延长,分解速度加快,其自身养分的损失量和释放到水体中的养分量也逐渐增加,两个月后,它们的分解速度减缓,水体中的养分量继续增加。水草分解速度变化规律,也是影响保安湖浮游物现存量季节变化的另一个因素。

二、保安湖颗粒有机碎屑在浮游物现存量中的位置

保安湖浮游物现存量中以有机碎屑的比例最高,大湖和桥墩湖分别为77.73%和81.49%;其次是浮游植物,分别为18.02%和14.35%;浮游动物仅占4.25%和4.16%(见表3)。这种浮游物的组成与苏联白俄罗斯的Naroch, Batorin和Myastro湖相似,可见有机碎屑在浮游物中占有极重要的位置。

保安湖颗粒有机碎屑C/N的波动很大,有机碎屑C/N值是评价有机碎屑营养价值的指标^[6]。大湖和桥墩湖颗粒有机碎屑的氮量是很低的,桥墩湖显得更为突出。水体营养价值不高,势必影响渔业生产,因此,必须合理开发利用。

表3 各群落占浮游物现存量的比重

Tab.3 Proportions of different types of seston in the total

季节	各群落占浮游物现存量(%)			
	采样站	浮游动物现存量	浮游植物现存量	有机碎屑现存量
春	大湖	1.44	22.92	75.64
	桥墩湖	2.54	12.43	85.03
夏	大湖	0.29	28.81	70.90
	桥墩湖	0.62	33.79	65.59
秋	大湖	15.09	18.64	66.27
	桥墩湖	10.4	9.80	71.80
冬	大湖	0.17	1.70	98.13
	桥墩湖	3.09	1.37	95.54
平均	大湖	4.25	18.02	77.73
	桥墩湖	4.16	14.35	81.49

三、用浮游物碳量估算鲢鳙鱼产潜力

保安湖滤食性鱼类主要是指鲢鳙鱼,其食谱的组成基本上与水体各饵料的组成是一致的^[8]。保安湖的浮游物是由浮游植物、浮游动物和有机碎屑三部分组成的,正如表3所述,其中有机碎屑占浮游物的80%以上。本文采用浮游物估算方法,只要测定浮游物的碳量,就可以通过生物能学的方法计算滤食性鱼类对饵料碳量的利用率,进而求出全湖的鱼产潜力。

(1) 刘建康等,武昌东湖的水生生物与渔业(待发表)。

用浮游物碳量估算滤食性鱼类产量潜力的公式为:

$$P_{Hy} = \frac{C_{Seston} \cdot \Sigma P/Bn \cdot \Sigma U_n \cdot E \cdot H_y \cdot K_1(Hy)}{F} \quad (1)$$

$$P_{Ar} = \frac{C_{Seston} \cdot \Sigma P/Bn \cdot \Sigma U_n \cdot E \cdot A_r \cdot K_1(Ar)}{F} \quad (2)$$

式中 P_{Hy} , P_{Ar} —— 滤食性鱼类鲢鳙鱼产潜力 (g/亩);

C_{Seston} —— 浮游物碳量 (平均现存量, g/亩);

$\Sigma P/Bn$ —— 各群落成分的平均 P/B 系数;

ΣU_n —— 鲢鳙鱼对各群落成分的平均利用率;

F —— 鲢鳙鲜鱼肉的热当量 ($5.024 \times 10^3 \text{ J/g}$);

E —— 碳的能量当量 (1 克碳 = $(41.868 \times 10^3 \text{ J})$);

H_y , A_r —— 鲢鳙的放养比例 (各取 50%);

$K_1(Hy)$, $K_1(Ar)$ —— 鲢鳙的生长效率。

鲢鳙鱼的生长效率 (K_1) 可根据 Winberg (1956) 的平衡方程式求出, 其平衡方程式为:

$$C = P + R + F + U$$

式中 C 为摄食能量、 P 为生长能量、 R 为呼吸能量、 F 为排粪能量和 U 为排泄能量。已有研究指出 ($F + U$) 的能量损失在 20~40% 之间, 取高值 40%, 则有

$$P + R = 0.6C$$

$$C = 1.67(P + R)$$

根据参考资料^[7]计算 P 、 R 和 C 值。

鲢鳙鱼生长效率 K_1 (即第一级生长系数) 为

$$K_1 = \frac{P}{C}$$

将鲢鳙的 P 和 C 值分别代入上式, 得鲢 $K_1(Hy) = 6.6\%$, 鳙 $K_1(Ar) = 11.3\%$ 。

浮游物各群落成分的加权平均 P/B 系数 $\Sigma P/Bn$ 可用下式计算:

$$\Sigma P/Bn = P_a/B_{an_1} + P_2/B_{2n_2} + P_d/B_{dn_d}$$

式中 n_1 、 n_2 和 n_d 分别为浮游藻类、浮游动物和有机碎屑的碳量在浮游物总碳量中所占的百分比 (15%、5%、80%)。

P/B 系数: 浮游植物为 150, 浮游动物为 50, 有机碎屑因主要为细菌基质故取 200。

将这些参数代入得

$$\Sigma P/Bn = 185。$$

$$\Sigma U_n = U_1n_1 + U_2n_2 + U_dn_d$$

式中: U_1 是鲢鳙对藻类的利用率, 为 30%;

U_2 是鲢鳙对浮游动物的利用率, 为 50%;

U_d 是鲢鳙对有机碎屑的利用率, 为 4%。

故 $\Sigma U_n = 10.20\%$

将上述各参数代入式 (1) 和式 (2), 则得

$$P_{Hy} = 5.189C_{Seston};$$

$$P_{Ar} = 8.885C_{seston}$$

保安湖大湖浮游物碳量平均为0.875kg/亩, 桥墩湖浮游物碳量平均为0.78kg/亩, 代入以上两式得到大湖鲢鳙鱼产潜力为12.3kg/亩, 桥墩湖为11kg/亩。

用浮游物碳量来估算滤食性鱼类的鱼产潜力, 虽能较全面的反映水体中各种饵料的产鱼能力, 但也存在选用参数时产生的误差, 而且有机碎屑和细菌在鲢鳙营养中的实际价值有待进一步研究。

参 考 文 献

- [1] Holm-Hansen. The distribution and chemical composition of particulate material in marine and fresh waters. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* **29**(suppl), 37-51, 1972.
- [2] Moss B. Seston composition in two freshwater pools. *Limnol. Oceanogr.* **15**, 504-513, 1970.
- [3] Saunders. G. W. The transformation of artificial detritus in lake waters. *Mem. Ital. Idrobiol.* **28**(suppl), 261-282, 1972.
- [4] 林婉莲等, 武汉东湖浮游植物各种成份分析与沉淀物中浮游植物活体碳、氮、磷的测定, *水生生物学报*, **9**(4) 359-364, 1985.
- [5] Godlewska-Lipowa. W. A. Bacteria as indication of lakes. *Pol. Arch. Hydrobiol.* **23**, 341-356. 1976.
- [6] Taylor. B. R. and J. C. Roff. Use of ATP and Carbon : nitrogen ratio as indicators of food quality of stream detritus *Freshwat. Biol.* **14**, 195-201, 1984.
- [7] 刘伙泉等, 略论武昌东湖鲢鳙鱼种的年轮形成及湖泊放养的规格问题, *水产学报*, **6**(2), 129~138, 1982.

QUANTITIES AND SEASONAL VARIATIONS IN SESTON AND PARTICULATE ORGANIC DETRITUS IN BAOAN LAKE AND THEIR RELATION TO FISHERIES PRODUCTION

Wang Shaomei Hu Chuanlin

(Institute of Hydrobiology, Academia Sinica)

Abstract

From March 1987 to March 1988, measurements were taken on the quantities of seston and particulate organic detritus in two areas of Baoan Lake, Dahu and Jiaodunhu. The average dry weight of seston was 337.6 and 100.5 tons in Dahu and Jiaodunhu respectively. The ash-free dry weight of seston was 127.7 and 50.3 tons in Dahu and Jiaodunhu respectively. The quantity of particulate organic detritus was 96.9 and 40.2 tons in Dahu and Jiaodunhu respectively, Showing apparent seasonal variations in the quantities of seston and particulate organic detritus. The decomposition of *Potamogeton maackianus*, *Myriophyllum spicatum* and *Vallisneria spiralis* are important in the formation of seston. Estimated from the amount of carbon in the seston, the potential production of silver carp and bighead carp is 12.3 and 11 kg/mu at Dahu and Jiaodunhu respectively.