

万佛湖初级生产力和鱼产力的评估与分析

韦众¹, 鲍传和¹, 丁淑荃¹, 陈荣宁², 姚华明²,
刘永福², 杨启超¹, 张孝年², 陈礼银²

(1. 安徽农业大学动物科技学院, 合肥 230036; 2. 舒城万佛湖渔业总公司, 舒城 231360)

摘要: 利用浮游生物计数法和黑白瓶测氧法对万佛湖的初级生产力进行测定, 并以此对万佛湖鲢、鳙鱼产量进行测算。结果表明, 浮游生物计数法评估万佛湖鲢、鳙鱼产力达 1 100~2 000 t, 黑白瓶法评估鱼产力为 2 200 t。比万佛湖实际产量高很多, 说明水库的鱼产力尚未达到上限。

关键词: 万佛湖; 浮游生物; 初级生产力; 鱼产力

中图分类号: S932.4

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2012)06-0871-04

Assessment and analysis of primary productivity and fish productivity in Wanfo Lake

WEI Zhong¹, BAO Chuan-he¹, DING Shu-quan¹, CHEN Rong-ning², YAO Hua-ming²,
LIU Yong-fu², YANG Qi-chao¹, ZHANG Xiao-nian², CHEN Li-yin²

(1. School of Animal Science and Technology, Anhui Agricultural University, Hefei 230036;

2. Shucheng Wanfo Lake Fisheries Corporation, Shucheng 231360)

Abstract: By using plankton counts and black and white bottle oxygen measuring methods, we determined primary productivity and estimated fish products of silver carp and bighead carp in Wanfo Lake. The results showed that the productivity of silver carp and bighead carp in Wanfo Lake could reach to 1 100 ~ 2 000 t by plankton counting assessment, and the fish production was 2 200 t when assessed by black and white bottle method. The assessment results are much higher than the actual production of this lake, indicating that the reservoir fish production does not yet reach the upper limit.

Key words: Wanfo Lake; plankton; primary productivity; fish productivity

万佛湖地处舒城西南的杭埠河上游坝址位于杭埠河与龙河汇合处稍下游的龙河口, 为丘陵湖泊型水库, 淠史杭灌区的重要组成部分, 集灌溉、防洪、发电、航运、旅游、养殖六大功能于一体, 是安徽省十大水库之一^[1]。20 世纪 60 年代, 水库蓄水初期水质肥沃, 渔业资源呈上升势头, 鱼产量较高, 1966 年达 68.8 万 kg。进入 70 年代后, 鱼类种群结构不合理, 产量明显下降, 渔业生产跌入了 20 余年的低产期, 产量多在几万到十几万斤徘徊。1998 年渔场改制后, 加大了鱼种投放力度, 加强了渔政管理, 鱼产量有了明显的提高, 2000 年 57.9 万 kg, 突破 50 万 kg, 近 3 年产量均在 100 万 kg 左右。

万佛湖渔业总公司近年经营状况很好, 在全省乃至全国都有很大影响, 但也存在着一些问题, 每

年投放鱼种数量和规格主要依据生产经验而定, 迫切需要对万佛湖渔业资源状况进行调查, 对水库鱼产潜力进行评估, 并在此基础上探索出万佛湖渔业资源开发利用的有效途径。初级生产力是自养生物在单位时间、单位空间内合成有机物质的量。它是水体生物生产力的基础, 是食物链的第一环节, 是反映水体渔业生产潜力的基本参量。因此, 在发展湖泊水库等大水面渔业生产时, 有必要开展水体初级生产力的研究工作。作者利用 2010~2011 年对万佛湖水质进行调查的机会, 对万佛湖初级生产力进行了评估和推算, 以便为万佛湖渔业总公司制定渔业发展规划提供科学依据。

1 材料与方

根据万佛湖的实际情况，作者选用浮游生物计数法和黑白玻瓶测氧法测定浮游植物的初级生产力。

1.1 采样点布设

根据万佛湖库型、面积与形态特点，水质调查共设 10 个采样点，东端上游设 3 个点（1 号、2 号和 3 号）；水库中部设 2 个断面 4 个点（4 号、5 号、6 号和 7 号）；西段上游设 3 个点（8 号、9 号和 10 号）（图 1）。采样进行 8 次，2010 年 9 月和 10 月，2011 年 1 月、4~8 月，每月中旬采样。



图 1 万佛湖采样点分布

Figure 1 Distribution of sampling point in Wanfo Lake

1.2 方法

1.2.1 浮游生物计数法 浮游生物定量水样用中科院水生所生产的 1 000 mL 有机玻璃采水器，置水面下 0.5 m、1.0 m 和 1.5 m 处各采集 1 000 mL 混合，从中取 1 000 mL 倒入塑料水壶中，浮游植物当场用 15 mL 鲁哥氏液，浮游动物用 4% 甲醛液分别固定，带回实验室沉淀、浓缩并进行定量，采用计数框计数。具体方法遵照《水库资源调查规范》和《淡水浮游生物研究方法》进行^[2-4]。

1.2.2 黑白玻瓶测氧法 根据现场测定，万佛湖透明度变换范围在 1~2 m，黑白瓶按 0.0、0.5、1、2 和 4 m 的深度分 5 层挂瓶，每次采样上午 10:00~11:30 完成。4 月和 5 月在 4 号点和 8 号点挂瓶，6 月、7 月和 8 月在 2 号点、4 号点和 8 号点挂瓶。具体方法和注意事项遵照《水质初级生产力测定——“黑白瓶”测氧法》（SL 354-2006）标准进行。

1.3 计算与换算

1.3.1 根据浮游生物现存量推算鱼产力 水库中鱼类天然饵料资源包括浮游动物、浮游植物、底栖动

物、水生昆虫、高等水生植物和有机碎屑等，这些天然饵料资源转化成鱼产量的能力就是水库的鱼产潜力。而万佛湖本身底栖生物和高等水生植物资源量极少。因此，这里仅对滤食性的鲢鳙鱼进行鱼产力估算。一般鱼产力的估算均以 4~11 月内的浮游生物量为基础进行，这里将 2011 年 1 月份的舍去，仅以 2010 年 9、10 月份和 2011 年 4~8 月份的 7 个月平均生物量计算。其公式^[5]是：

$$F=m \times (P/B) \times a/E$$

式中： F 为鱼产潜力($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)， m 为浮游生物年平均生物量($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)， a 为饵料利用率， E 为饵料系数。

1.3.2 根据水域初级生产力推算鱼产力 黑白瓶测得为水域初级生产力，根据水产专业教科书中梁彦龄和王骥等利用回归法得到的梁氏方程^[5]来推算鱼产力：

$$F_{yg} = 370P_{ga} - 852$$

其中： F_{yg} 为鱼产潜力 ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)； P_{ga} 为溶解氧的毛产量 ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$)。

2 结果与分析

2.1 调查结果

2.1.1 浮游植物生物量 万佛湖浮游植物生物量的初步调查结果见图 2。各采样点 8 个月初步鉴定得出：水库 2010 年 9 月份浮游植物总生物量为 $8.24 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ；2010 年 10 月份浮游植物生物量为 $2.50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ；2011 年 1 月份浮游植物生物量为 $0.21 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ；4 月份浮游植物生物量为 $1.25 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ；5 月份浮游植物生物量为 $4.46 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ；6 月份浮游植物生物量为 $14.73 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ；7 月份浮游植物生物量为 $7.53 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ；8 月份浮游植物生物量为 $10.14 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。浮游植物 8 个月平均生物量为 $6.13 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。各月浮游植物组成比例见图 2。

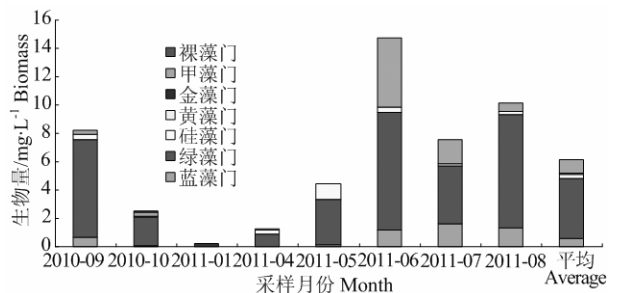


图 2 各月浮游植物量及其比例

Figure 2 Monthly phytoplankton amount and its proportion

2.1.2 水库浮游动物生物量 根据显微镜检测结果见图 3。数月来万佛湖浮游动物平均生物量 2.52

mg·L⁻¹, 其中原生动物 0.02 mg·L⁻¹, 轮虫 0.33 mg·L⁻¹, 枝角类 1.08 mg·L⁻¹, 桡足类 0.88 mg·L⁻¹, 无节幼体 0.22 mg·L⁻¹。水库 2010 年 9 月份浮游动物生物量为 1.37 mg·L⁻¹, 10 月份为 3.44 mg·L⁻¹, 2011 年 1 月份为 0.72 mg·L⁻¹, 4 月份为 2.53 mg·L⁻¹, 5 月份为 1.17 mg·L⁻¹, 6 月份为 1.31 mg·L⁻¹, 7 月份为 3.30 mg·L⁻¹, 8 月份浮游动物生物量最高为 6.35 mg·L⁻¹, 则浮游动物 8 个月平均生物量为 2.52 mg·L⁻¹。各月浮游动物组成比例见图 3。从图 3 可以看出, 枝角类和桡足类生物量在各月中均占绝对地位。

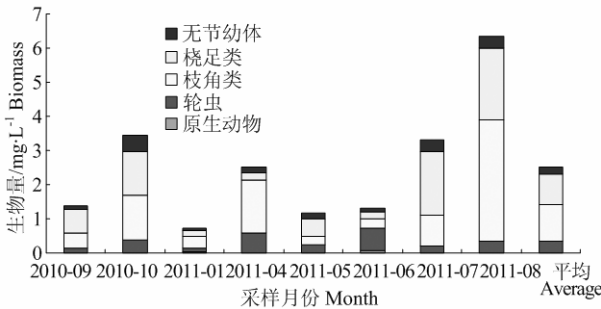


图 3 各月浮游动物量及其比例

Figure 3 Monthly zooplankton amount and its proportion

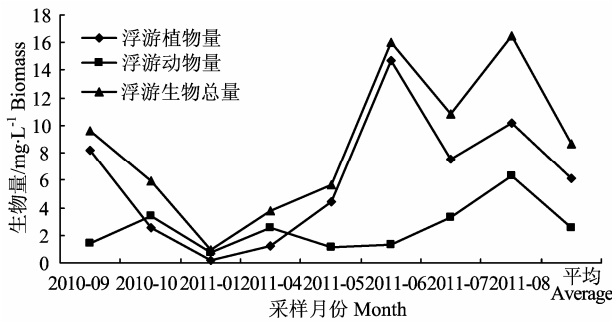


图 4 各月浮游生物量变化

Figure 4 Monthly change of plankton biomass

2.1.3 水库浮游生物量 由图 4 看出, 一年内浮游

植物生物量 6 月份最高, 1 月份最低。正常情况下, 夏季水温高, 光照强度大时间长, 浮游植物生物量达到较高水平, 一般 7、8 月份达到峰值。至于, 这次 6 月份最高, 可能是因为水库鳙鱼放养比例较大, 大型浮游动物受到明显抑制, 再者 6 月份水温明显回升, 三是 6 月份水位较低 (64.24 m), 浮游植物量才出现爆发型增长。

2.1.4 黑白瓶法测定 2011 年 4 ~ 8 月各点所测初级生产力平均毛产量为 4.1 g·m⁻²·d⁻¹, 其中 4 月份所测原始瓶溶解氧在 9.2~11.3 mg·L⁻¹, 黑白瓶所测毛产量 3.4 g·m⁻²·d⁻¹; 5 月份所测溶解氧在 9.6~11.8 mg·L⁻¹, 黑白瓶所测毛产量 4.0 g·m⁻²·d⁻¹; 6 月份所测溶解氧在 8.1~10.8 mg·L⁻¹, 黑白瓶所测毛产量 4.6 g·m⁻²·d⁻¹; 7 月份所测溶解氧在 8.5~10.9 mg·L⁻¹, 黑白瓶所测毛产量 4.2 g·m⁻²·d⁻¹; 8 月份所测溶解氧在 8.5~11.1 mg·L⁻¹, 黑白瓶所测毛产量 4.3 g·m⁻²·d⁻¹, 具体见表 1。

2.2 鱼产力测算

2.2.1 根据浮游生物现存量推算 去除 1 月份后水库 7 次所测透明度平均 120 cm, 则补偿深度可按 3.5 m 计算; 水库 7 次所测水温平均 24.2℃, 纬度在北纬 31°, 则浮游植物年 P/B 系数可按 120 计算; 鲢鱼对其利用率按 30% 计算; 饵料系数按 30~50 计算^[5-7], 则该库浮游植物 (7 个月平均 6.98 mg·L⁻¹) 可提供的鲢鱼鱼产潜力为: F=11.74~19.46 kg·亩⁻¹。

浮游动物年 P/B 系数按 40 计算, 鳙鱼对其利用率为 50%, 饵料系数按 6~11 计算^[5-7], 则该库浮游动物 (7 个月平均 2.79 mg·L⁻¹) 可提供的鳙鱼鱼产潜力为: F=10.84~19.84 kg·亩⁻¹。

合计该库鲢、鳙鱼鱼产力 22.58~39.30 kg·亩⁻¹。可养水面以 5 万亩计, 则鲢、鳙鱼产力 110~200 万 kg。

表 1 梁氏方程推算的水库鱼产潜力

Table 1 Fish production potential of projected reservoir by Liang equation

月份 Month	白瓶溶解氧/mg·L ⁻¹ DO in light bottle	黑瓶溶解氧/mg·L ⁻¹ DO in black bottle	水柱毛产量/g·m ⁻² ·d ⁻¹ Gross yield	鱼产潜力/kg·hm ⁻² Fish production potential	单产/kg·亩 ⁻¹ Per unit yield
2011-04	9.9~11.8	8.5~10.6	3.42	413.4	27.56
2011-05	9.4~12.4	8.4~11.2	3.99	624.3	41.62
2011-06	8.8~11.3	6.7~10.7	4.61	853.7	56.91
2011-07	8.9~11.2	7.0~10.6	4.15	683.5	45.57
2011-08	9.3~11.5	7.6~10.4	4.27	727.9	48.53
平均 Average			4.09	660.6	44.04

2.2.2 根据黑白瓶和梁氏方程来推算 根据梁氏方程来推算, 水库鱼产力在 25.3.1~66.4 kg·亩⁻¹, 水库

鲢、鳙鱼产力 220 t。其中 2 号点平均鱼产力为 37.0 kg·亩⁻¹, 4 号点鱼产力为 50.8 kg·亩⁻¹, 8 号点鱼产力

为 $41.2 \text{ kg}\cdot\text{亩}^{-1}$ ；其中4月份鱼产力为 $27.6 \text{ kg}\cdot\text{亩}^{-1}$ ，5月份鱼产力为 $41.6 \text{ kg}\cdot\text{亩}^{-1}$ ，6月份鱼产力为 $56.9 \text{ kg}\cdot\text{亩}^{-1}$ ，7月份鱼产力为 $45.6 \text{ kg}\cdot\text{亩}^{-1}$ ，8月份鱼产力为 $48.5 \text{ kg}\cdot\text{亩}^{-1}$ ；总平均 $44.0 \text{ kg}\cdot\text{亩}^{-1}$ ，则万佛湖鱼产力220万kg，详见表1。

3 讨论

万佛湖是国家级AAAA景区，保护好水体环境质量尤为重要。因此，应考虑在不影响水库水质的前提下合理发展水库渔业，根据万佛湖渔业资源的调查结果，对其鱼产力进行评估，科学指导渔业生产，合理利用现有资源是非常具有典型示范作用的。本试验利用浮游生物计数法和黑白瓶测氧法对万佛湖的初级生产力进行测定，并以此对万佛湖鲢鳙鱼产量进行测算。理论上得出浮游生物计数法评估万佛湖鲢、鳙鱼产力达 $1\ 100\sim 2\ 000 \text{ t}$ ，黑白瓶法评估鱼产力为 $2\ 200 \text{ t}$ 。万佛湖实际产量已达到 $1\ 000 \text{ t}$ ，说明水库的鲢、鳙鱼产力尚未有潜力可挖。但考虑到尚有部分社会产量未计入内，若要继续提高产量，一是要加强渔政管理和提高捕捞效率，二是应该从其他杂食性鱼类入手，以充分利用底栖生物饵料资源。万佛湖实际的年鱼产力与我国大中型水库平均的年鱼产量($1.75 \text{ kg}\cdot\text{亩}^{-1}$)相比，要高出很多倍，可以说算得上高产水平。很多学者认为，鲢、鳙能摄食水体中的藻类，并能吸收水中的氮、磷等营养元素，能有效地控制水体富营养化的进程。2009年，刘丙阳、郭凯等^[6]对汤河水库的鲢、鳙体内氮、磷含量进行了测定，并与处于富营养化水平的北京官厅水库的鲢、鳙体内氮、磷含量进行了对比。结果表明鲢、鳙对水中的氮、磷有吸收，并随着鱼龄的增加和水体富营养化水平的提高，吸收量有增大的趋势。这些说明鲢、鳙对水体富营养化有抑制作用。近年的水质分析表明，万佛湖水质基本控制在地表II类水，同时鲢鳙鱼单产已高达 $16\sim 20 \text{ kg}\cdot\text{亩}^{-1}$ ，这一点在可养水面5万亩以上的水库中十分难得。所

以只要合理的放养和捕捞鲢、鳙，渔业就能达到“保水洁水”的目的。

总之，通过对水库鱼产力作出正确的评估，科学指导渔业生产，进行鱼类的合理放养和捕捞，对保护水域环境是非常必要的。目前，万佛湖主要以放养鲢、鳙为主，其产量占总产量的95.5%以上，与以往相比，鱼类组成减少，特别是一些名优种类和喜流性和定居性种类数量明显减少。这主要是因为上游浅水区依然有采沙存在，底栖生物和高等水生植物栖息地遭到破坏，小型的野杂鱼也有所减少，凶猛鱼类数量很少，生态系统平衡被打破，水环境的改变是导致这种现象的主要原因之一。

因此建议，第一，尽快杜绝采沙行为，完善细鳞斜颌鲴保护区的监管；第二，对上游浅水区进行投螺种草等生态修复，为细鳞斜颌鲴提供良好的栖息环境；第三，生态修复后可以对鲴亚科鱼类和鲤鲫鳊鱼等进行放流补充其种群，以调整水库单一的鱼类种群结构。

参考文献：

- [1] 汪万芬, 王坤红, 蒋锦刚, 等. 基于水质评价普适指数公式与三角网内插的湖泊水质可视化研究——以舒城县万佛湖为例[J]. 扬州大学学报: 农业与生命科学版, 2011, 32(2): 89-94.
- [2] 张觉民. 内陆水域渔业自然资源调查手册[M]. 北京: 中国农业出版社, 1991.
- [3] 戴泽贵. 中华人民共和国水利部标准: 水库渔业资源调查规范[M]. 北京: 标准出版社, 1996.
- [4] 章宗涉. 淡水浮游生物研究方法[M]. 北京: 农业出版社, 1991.
- [5] 史为良. 内陆水域鱼类增殖学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996.
- [6] 刘丙阳, 赵文, 郭凯, 等. 基于水质安全的饮用水源水库渔业生产潜力评估——以辽宁省汤河水库为例[J]. 北京农业, 2010, 12(2): 74-76.
- [7] 王玉佩, 林春友, 王丙胜, 等. 于庄水库初级生产力调查研究[J]. 河北渔业, 2009, 18(7): 4-5.