

养鳊池塘的初级生产力和能量转换效率

卢迈新 黄樟翰 吴锐全 肖学铮 谢 骏
(中国水产科学研究院珠江水产研究所, 广州 510380)

摘 要 报道了养鳊池塘初级生产力的垂直变化和季节变化。养鳊池塘的初级生产量为 $3.51 \sim 7.90 \text{ gO}_2/\text{m}^2 \cdot \text{day}$, 高峰通常出现在7~8月。1米以上水层的光合作用产氧量占水柱总产量的90%以上。平均补偿深度为65~74cm。池水氧气的消耗, 池鱼占27.4%, “水呼吸”占70.0%, 底泥占3.6%。浮游植物光合产氧占池塘氧气来源的66.0%, 余下的43.0%靠空气和加水补给。毛初级生产力对太阳辐射能的利用率为0.38%~0.85%; 鳊产量对浮游植物的利用率为1.05%~2.32%; 太阳能转移为鱼产量的生态学效率为0.009%~0.010%。

关键词 养鳊池塘, 初级生产力, 能量转换效率

Primary productivity and energy conversion efficiency in eel pond

Lu Maixin, Huang Zhanghan, Wu Ruiquan, Xiao Xuezheng, Xie Jun
(Pearl River Fisheries Institute, CAFS, Guangzhou 510380)

ABSTRACT The vertical and seasonal changes of primary productivity in eel ponds were reported in this paper. The gross oxygen production in water column in eel ponds ranged $3.51 \sim 7.90 \text{ g O}_2/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ and the peak appeared in July to August. The photosynthetic oxygen production one meter or less below the water surface accounted for over 90% of the total production. The average compensation depth was 65–74cm. Among the total oxygen consumption, fish occupied 22.4%, “water respiration” 71.3%, and detritus 6.4% respectively. The oxygen production by photosynthesis accounted 67.7% of the oxygen resources of eel ponds, the rest was supplied by air-dissolved and water-filling. The photosynthetic energy efficiency reached 0.38%–0.85% of solar radiation. The efficiency of converting phytoplankton production to the yield of big-head carp was 1.05%–2.32% and the ecological efficiency of converting solar radiation to fish production was 0.009%–0.010%.

KEYWORDS eel pond, primary productivity, energy conversion efficiency

初级生产力系指单位水体内的浮游植物在单位时间内进行光合作用合成有机物质的能力。系统地研究养鱼水体的初级生产力, 对于改善养鱼水体的水质状况、池塘生态环境、池塘生物量的调控以及确定滤食性鱼类的放养量有实际意义。国内外许多学者对此进行了研究^[1~7]。但鲜见对养鳊(*Anguilla japonica*)土池塘初级生产力的系统研究。作者对养鳊池塘的初级生产力进行了研究, 以期为土池养鳊技术和优化养殖结构提供理论依据。

农业部“九五”重点科研资助项目(池塘养鳊高效高产养殖理论与实用技术的研究), 渔95-C-96-12号。

第一作者简介: 卢迈新, 男, 1962年9月生, 副研究员。Tel: 020-81507843, E-mail: gzmxlx@public.guangzhou.gd.cn

收稿日期: 1998-01-06

1 材料与方法

表 1 试验塘基本情况

Tab. 1 General condition of eel ponds

| 塘号 | 面积 (hm^2) | 水深 (m) | 放养密度 (kg/hm^2) | 放养规格 (g/尾) |
|------|-------------------------|-----------|-------------------------------------|---------------|
| # 15 | 0.36 | 2.2 | 18000.0 | 300 |
| # 21 | 0.20 | 2.3 | 4000.0 | 100 |
| # 30 | 0.53 | 2.2 | 1301.9 | 20~ 30 |
| # 31 | 0.19 | 2.1 | 2315.8 | 20~ 30 |

1.1 鱼池条件

试验在广东省顺德市龙江镇第一养殖场进行,试验塘四口(基本情况见表 1)。另外,每口池塘配养鳙(规格 500 g/尾)600~ 700 尾/ hm^2 。

1.2 方法

初级生产力的测定采用黑白瓶法,在鱼池中心处挂瓶,从表层开始每隔 0.5m 挂一层。上午 10 时左右采水样,挂瓶时间为 24 小时。每半月采样一次。白瓶与黑瓶的溶氧之差为毛产氧量;装瓶时的原初溶氧与黑瓶溶氧之差为“水呼吸耗氧量”;白瓶溶氧与装瓶时的溶氧之差为净产氧量。单位面积水柱生产量由各段水层的生产量计算得出。在测定初级生产力的同时,记录水温、透明度、pH 值,并测定水化学因子。计算分析中采用以下计量:1 克氧= 6.1 克浮游植物鲜重,444.7 克浮游植物相当于 1.0MJ,1kg 鳙鲜肉相当于 3.358MJ^[8]。

2 结果与讨论

2.1 初级生产量的垂直分布与季节分布

养鳙池塘的浮游植物初级生产量呈明显的垂直变化(表 2),在 50cm 以上的水层浮游植物的初级生产力最高,而且无论晴天、阴雨天,其产氧量均大于“水呼吸”耗氧量。结果与以往一致^[2,4,5]。1m 以上水层浮游植物的毛产氧量占水柱总产氧量的 90% 以上,而 1m 以下水层的光合作用产氧量占水柱总产氧量的比例很低,毛产氧量均小于“水呼吸”耗氧量,净增氧为负值。

表 2 养鳙塘初级生产力的垂直分布(mgO_2/L)Tab. 2 The vertical distribution of primary productivity in eel ponds (mgO_2/L)

| 水层 | 毛产氧量 | | | |
|------------|-----------|------------|------------|-----------|
| | # 15 | # 21 | # 30 | # 31 |
| 0~ 50cm | 5.59±1.57 | 11.24±3.72 | 10.59±3.63 | 8.59±2.87 |
| 50~ 100cm | 1.38±0.53 | 4.18±1.48 | 2.86±0.99 | 2.14±0.61 |
| 100~ 50cm | 0.04±0.04 | 0.35±0.15 | 0.62±0.19 | 0.60±0.25 |
| 150~ 200cm | 0.01±0.03 | 0.02±0.03 | 0.02±0.03 | 0.14±0.14 |

初级生产力的垂直变化主要受光合有效辐射的影响。而光合有效辐射随深度增大而迅速衰减。水深 50cm 时光合有效辐射已被吸收 93%,所以 50cm 以上水层光能最丰富,约占水体吸收光能 90% 以上,是鱼塘中光合作用最旺盛、生产力最丰富的水层^[9]。本研究结果表明养鳙池塘浮游植物光合作用与光合有效辐射的垂直分布是相一致的,光合作用主要在 50cm 以上的水层中进行。

初级生产力的季节分布主要与水温、光照时数有关。3~ 8 月,初级生产力随水温、光照的升高而呈现出逐月上升的趋势,9 月以后由于水温、光照的下降,初级生产力逐渐降低。由于 7~ 8 月水温较高、光照时数较长,初级生产力的高峰通常出现在这二个月(表 3)。

表 3 养鳊塘初级生产力的季节分布

Tab. 3 The seasonal distribution of primary production in eel ponds($\text{g O}_2/\text{m}^2$)

| 月份 | # 15 | | # 21 | | # 30 | | # 31 | |
|----|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|
| | P | R | P | R | P | R | P | R |
| 3 | 2.02 | 2.53 | 4.65 | 5.45 | 4.11 | 5.10 | 3.40 | 5.05 |
| 4 | 3.40 | 4.34 | 8.02 | 8.79 | 6.56 | 7.42 | 4.99 | 6.16 |
| 5 | 3.54 | 4.19 | 9.11 | 9.45 | 6.81 | 7.55 | 5.05 | 6.28 |
| 6 | 4.31 | 4.20 | 9.27 | 9.56 | 9.92 | 9.00 | 7.05 | 6.40 |
| 7 | 5.26 | 5.00 | 10.91 | 10.29 | 8.01 | 8.00 | 6.59 | 6.50 |
| 8 | 4.26 | 3.75 | 11.73 | 11.24 | 10.57 | 8.85 | 8.70 | 6.65 |
| 9 | 3.50 | 4.05 | 7.38 | 9.03 | 7.95 | 7.30 | 6.75 | 5.55 |
| 10 | 3.07 | 3.00 | 5.96 | 6.30 | 5.90 | 6.55 | 5.30 | 7.10 |
| 11 | 2.24 | 1.60 | 4.05 | 4.69 | 3.60 | 5.00 | 3.80 | 5.43 |

注: P 代表水柱毛产氧量, R 代表水柱耗氧量。

2.2 平均水柱产氧量和耗氧量

结果表明, 在 1m^2 面积下 2m 高水柱的毛产氧量均小于其“水呼吸耗氧量”(表 4), 这一结果与姚宏禄^[4]的研究结果不同, 而与雷衍之^[5]的报道一致。说明养鳊池塘不单有丰富的浮游植物, 且有大量的有机质、细菌和浮游动物等耗氧物质。因此, 日常生产管理应掌握合理的投饲量, 及时捞走残饲, 并保证饲料有一定的粘度, 以免饲料在水中散失, 增加耗氧因子, 恶化水质。

表 4 每平方米的水柱产氧量的耗氧量($\text{g O}_2/\text{m}^2$)Tab. 4 Gross oxygen production and oxygen consumption in water column($\text{g O}_2/\text{m}^2$)

| 塘 号 | 水柱毛产氧量 | 水柱耗氧量 |
|------|--------|-------|
| # 15 | 3.15 | 3.63 |
| # 21 | 7.90 | 8.31 |
| # 30 | 7.05 | 7.20 |
| # 31 | 5.74 | 6.12 |

2.3 平均补偿深度

用直线内插法近似地估计各池塘的补偿深度(即净增氧为零时的深度), 四口鳊塘的补偿深度分别为: # 15 塘 74cm , # 21 塘 70cm , # 30 塘 66cm , # 31 塘 65cm 。平均补偿深度为 68cm , 比家鱼池塘的补偿深度要小得多^[4,5]。因在补偿深度以下的水层本身就是氧气的消费者、形成“氧债层”, 所以池塘过深不利于改善池塘溶氧状况。因此, 如何合理配置和科学使用增氧机, 有效改善池塘水体溶氧状况, 稳定池塘水质, 是日常生产管理的重要工作。

2.4 初级生产量的估算

浮游植物的净产量约为毛产氧量的 80% ^[5], 故 # 15, # 21, # 30, # 31 塘的浮游植物平均水柱净产氧量分别为 2.81 、 6.32 、 5.64 、 $4.59 \text{ g/m}^2 \cdot \text{day}$ 。四口鳊塘的平均水柱初级生产量分别为 17.14 、 38.55 、 34.40 、 28.00 g/m^2 的浮游植物(湿重)。低于无锡河埭口高产鱼池的初级生产力^[5]。原因主要是池水的透明度低, 平均只有 25cm , 光合水层平均只有 68cm 。

2.5 养鳊池塘氧气的收支平衡

氧气支出: 四口鳊池“水呼吸”耗氧量平均为 $6.315 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$; 实测底泥耗氧量平均为 $0.333 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$ 。池鱼耗氧量依放养、收获量计算池塘中平均载鱼量, 鳊为 60.9 g/m^2 , 耗氧速率为 $0.161 \text{ mg/g} \cdot \text{h}^{[10]}$, 则每天鳊的耗氧量为 0.24 g/m^2 ; 鳊的载鱼量为 960.6 g/m^2 , 耗氧速率为 $0.0987 \text{ mg/g} \cdot \text{h}^{[8]}$, 则每天鳊的耗氧量为 2.275 g/m^2 , 池鱼耗氧共 $2.275 + 0.24 = 2.515 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$ 。忽略水中溶氧逸出不计, 则每天每平方米水体下的总耗氧量为: $6.315 + 0.333 + 2.515 = 9.163 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$ 。各部分耗氧所占的比例为“水呼吸”:

70.0%; 池鱼, 27.4%; 底泥, 3.6%。结果显示池鱼和“水呼吸”耗氧所占比例较大, 而底泥耗氧所占的比例较低。这是池鱼放养密度高, 载鱼量大的缘故; 由于珠江三角洲土池养鳊生产每年都清淤泥, 故底泥耗氧所占比例较小。说明清塘能有效改善池塘生态环境, 增加池塘的载鱼量, 提高单位面积的产量和效益。

氧气收入: 四口鳊池的毛光合产氧量平均为 $6.05 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$, 而总耗氧量为 $9.163 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$, 尚有 $3.113 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$, 即 34.0% 的氧气来自空气的溶入、加水补给。浮游植物毛产氧量仅占氧气来源的 66.0%。说明增氧机在养鳊生产中起着重要的作用。而试验观察和生产实践表明, 每 0.2 hm^2 水面配置一台 1.5kW 的叶轮增氧机, 并根据不同的季节、天气状况适时开机, 能有效地改善池塘的氧气状况。

2.6 能量转换效率的计算

在珠江三角洲地区, 每年到达水面的太阳辐射量为 4589.6 MJ/m^2 ^[8]。将四口鳊池的浮游植物初级生产力和鳊产量换算成能量值, 计算各项能量转换效率, 结果表明, 养鳊池塘的毛初级生产力对太阳辐射能的利用率为 0.38%~0.85%, 鳊产量对浮游植物的利用率为 1.05%~2.32%, 太阳能转移为鱼产量的生态效率为 0.009%~0.010% (表 5), 比姚宏禄等^[4]报道的低得多。其原因是鳊塘没有放养鲢, 浮游植物初级生产力没有得到充分的利用。因此, 从提高养鳊池塘的生态效率、保持池塘水质稳定的角度考虑, 养鳊池中应适当配养鲢或单性罗非鱼、太阳鱼等。

表 5 养鳊池塘的生态学效率

Tab. 5 Ecological efficiencies in eel ponds

| 塘号 | 毛产氧量 (g/m^2) | 合能量 (MJ/m^2) | 初级生产力对太阳 辐射能的利用率(%) | 鱼类对初级生产力的 利用率(%) | 太阳能转移为鱼产量的 生产效率(%) |
|------|----------------------------|----------------------------|------------------------|---------------------|-----------------------|
| # 15 | 1263.6 | 17.33 | 0.38 | 2.32 | 0.009 |
| # 21 | 2844.0 | 39.01 | 0.85 | 1.05 | 0.009 |
| # 30 | 2538.0 | 34.81 | 0.76 | 1.34 | 0.010 |
| # 31 | 2066.4 | 28.35 | 0.62 | 1.36 | 0.009 |

参 考 文 献

- 王 骥, 梁彦龄. 用浮游植物的生产量估算武昌东湖鲢鳊生产潜力与鱼种放养的探讨. 水产学报, 1981, 343~ 350
- 王 骥, 沈国华. 武汉东湖浮游植物的初级生产力及其与若干生态因素的关系. 水生生物学集刊, 1981, 7(3): 295~ 311
- 刘海金, 张世义. 鳊鱼生物学和人工养殖. 北京: 科学出版社, 1978. 83~ 106
- 姚宏禄, 吴乃薇, 顾月兰等. 主养青鱼高产池塘的初级生产力及其能量转化为鲢、鳊产量的效率. 水生生物学报, 1990, 14(2): 114~ 128
- 雷衍之, 于淑敏, 徐 捷. 无锡市河埭口高产鱼池水质研究 I 水化学和初级生产力, 水产学报, 1983, 7(3): 185~ 199
- Boyd C E. Water quality mangement for pond fish culture. Elsevier Scientific Publishing Co. 1962, 78~ 83, 159~ 162
- Noriega Curtis P. Primary productivity and related fish yield in intensely manured fish ponds. Aquac, 1979, 17: 335~ 344
- 卢迈新, 欧阳海, 肖学铮等. 珠江三角洲不同生态类型池塘的能量转换效率. 中国水产科学, 1997, 4(3): 48~ 53
- 钟功甫, 王增祺, 吴厚水等. 基塘系统的水陆相互作用. 北京: 科学出版社, 1993. 72
- 陈宁生, 施王泉芳. 草鱼、白鲢、花鲢的耗氧率. 动物学报, 1955, 7(1): 43~ 57