

# 11种沉水植物的生产力\*

陈洪达

(湖北省水产科学研究所, 武汉)

**提要** 本文报道了应用铂金电极自动测氧装置和碘量测氧法对常见的11种沉水植物生产力测定的结果。植物净产量 [ $\text{mgO}_2/(\text{h} \cdot 0.5\text{g}$  鲜重植物)] 较高的是水车前、马来眼子菜、黄丝草和菹草, 分别为0.85, 0.80, 0.73和0.65; 1小时光合率较高的是水车前、菹草、黑藻和马来眼子菜, 分别为2.76%, 1.46%, 1.07%和0.99%。生产力最低的是黄花狸藻(一种食虫水生植物)和大茨藻, 其净产量分别为 $0.16\text{mgO}_2/(\text{h} \cdot 0.5\text{g})$ 和 $0.18\text{mgO}_2/(\text{h} \cdot 0.5\text{g})$ ; 其1小时光合率分别为0.48%和0.68%。

初步统计, 在长江中下游的大多数湖泊中, 分布面积和植物生产量最大的是沉水植物, 约占植被总面积和总生产量的60—80%<sup>1)</sup>。沉水植物是浅水湖泊生态系统结构中的重要组成部分, 它的作用在系统功能中也占有一定的重要地位, 但是随着湖泊的开发利用, 特别是在许多中小型湖泊中, 投放了过多的草食性鱼类, 使得某些湖泊的水生植物种类和产量明显地减少, 尤其是沉水植物所受到的破坏更为严重<sup>2)</sup>。由于水生植物的破坏, 导致湖泊生态的不平衡, 从而引起人们对保护湖泊水生植被的关注<sup>2)</sup>, 如, 如何保护水生植被, 恢复和发展哪些水生植物才能维持湖泊生态平衡等, 为此, 作者试图在实验室条件下, 对常见的11种沉水植物生产力进行测定和分析比较, 以期获得有助于开发利用沉水植物的科学依据。

## 一、材料和方法

### 1. 材料

供试植物有马来眼子菜等11种沉水植物(见表1—3), 均采自武汉市东湖, 时间在5—6月。多数种类均取其植株的顶枝, 包括叶片和茎; 少数种类(水车前、苦草和马来眼子菜)则取其叶片。每个试验样品为鲜重0.5g。

### 2. 方法

本研究是通过测定植物在光合作用过程中所产生和消耗的氧量, 进而计算出植物生产力。采用电极测定法和碘量法测定水中的溶氧量。电极测定法通常用于测定藻类的光合作用, 极少用于测定水生植物。作者根据测定藻类光合作用的基本原理, 设计安装了一套测定水生植物光合作用的铂金电极自动测氧装置(图1)。电极系铂金电极(8)(中国科

\* 本文是作者在中国科学院水生生物研究所工作期间的研究报告。张晓燕同志参加了实验室工作, 谨致谢忱。  
收稿日期: 1987年5月19日。

1) 陈洪达, 1987. 湖北省的水生维管束植物。

2) 陈洪达, 1986. 武汉东湖水生植物群落的破坏与恢复对湖泊生态系统的影响. 湖北渔业 4: 13—18。

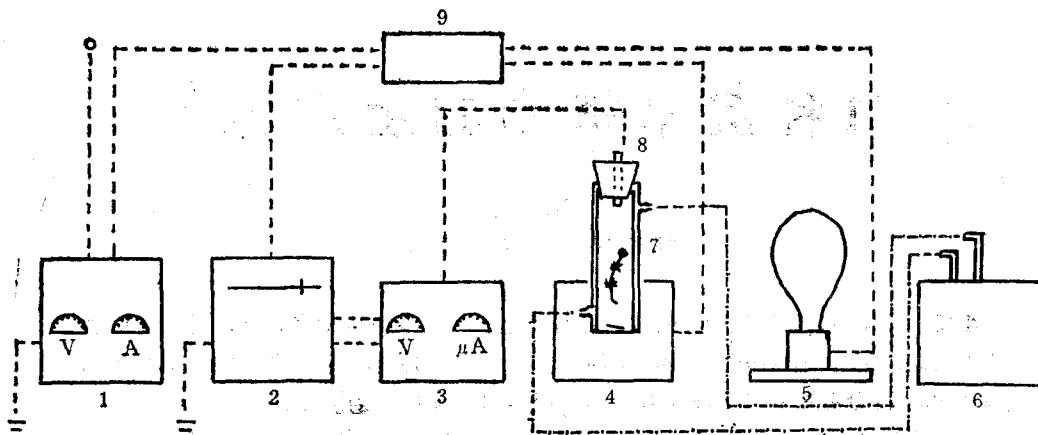


图1 水生植物光合作用测定装置

Fig. 1 The apparatus for determining photosynthesis of aquatic macrophytes

1. 交流电子稳压器; 2. 自动平衡记录仪; 3. 极谱氧电极发生器; 4. 磁力搅拌器; 5. 光源; 6. 超级恒温锅; 7. 光合作用试验瓶; 8. 铂金电极; 9. 电源插线板。

学院上海植物生理研究所生产)。电解质为  $0.5\text{mol/L}$  的  $\text{KCl}$  溶液, 覆盖电极的薄膜为双层的  $20\text{--}25\mu\text{m}$  聚乙烯薄膜或聚四氟乙烯薄膜。试验瓶(7)为特别设计制造的夹层玻璃瓶, 容积约为  $260\text{ml}$ 。光源(5)为  $300\text{W}$  的白炽灯光或  $1000\text{W}$  的钨卤素灯光; 用西德产的 Gossen 牌照度计测定光强度。水温用超级恒温锅(6)控制。

培养液: 2号培养液为每升水中含有  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$   $0.05\text{g}$ ,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$   $0.01\text{g}$ ,  $\text{MgSO}_4$   $0.02\text{g}$ ,  $\text{KCl}$   $0.05\text{g}$ , 以及  $1\%$  的  $\text{FeCl}_3$  溶液  $1.5\text{ml}$  和  $1.35\%$  的  $\text{NaHCO}_3$  溶液  $38\text{ml}$ 。以充氮法降低试验前的培养液溶氧浓度。用镊子将  $0.5\text{g}$  鲜重植物放入盛有培养液的瓶内, 盖上瓶塞, 接通电源(9), 稳定电压(1), 进行光照或黑暗试验。黑暗试验是用双层黑布将试验瓶盖住, 使植物在黑暗中进行暗呼吸, 然后测其消耗的氧量。瓶内培养液是通过瓶底部的磁力搅拌器(4)使其不断流动的。试验开始时, 由于温度对电极探头的影响, 加上植物体气腔内氧气的变化, 所以需要等数分钟时间, 待仪器正常运转后, 才能正式测试。每次测试前, 必须用碘量法测定出自动平衡记录仪(2)的记录纸上每格距离所代表的溶氧量; 试验结束后, 测量出记录纸上移动的格数, 再换算出水中溶氧量, 进而计算出植物的生产力; 毛产量、净产量和呼吸量的计算单位为  $\text{mgO}_2/(\text{h} \cdot 0.5\text{g}$  鲜重植物); 光合率和呼吸率的计算单位为 1 小时内植物体干物质重量增加或减少的百分比, 其计算式如下:

$$\text{光合率}(\%) = \frac{\text{净产氧量} \times 0.825}{\text{供试植物的干物质质量}} \times 100$$

$$\text{呼吸率}(\%) = \frac{\text{消耗氧量} \times 0.825}{\text{供试植物的干物质质量}} \times 100$$

碘量法所用的培养液为东湖自来水和东湖自来水加  $\text{NaHCO}_3$  溶液。试验瓶底部没有安装磁力搅拌器, 培养液是相对静止的。试验期间东湖湖水总无机氮含量为  $0.1465\text{--}0.7423\text{mg/L}$ , 正磷酸盐为  $0.07\text{--}0.019\text{mg/L}$ 。光照结束后, 用 Winkler 碘量法测出水中溶氧量, 进而计算出植物生产力。

## 二、试验结果

将铂金电极自动测定法和碘量测定法的测定结果, 分别叙述如后。

### 1. 铂金电极自动测定法

在光强度为 8000lx、水温为 28℃ 和 2 号培养液的试验条件下, 对马来眼子菜等 10 种沉水植物的生产力进行了测定, 结果见表 1。

表 1 10 种沉水植物生产力的比较

Tab. 1 The comparison of productivity of ten submerged macrophytes

植物种名	毛产量	净产量	呼吸量	1 小时光合率	1 小时呼吸率	测定次数
	mgO <sub>2</sub> /(h · 0.5g 植物鲜重)			(% )		
马来眼子菜 <i>Potamogeton malaiianus</i>	1.19	0.96	0.23	1.19	0.30	12
水车前 <i>Ottelia alismoides</i>	1.03	0.85	0.18	2.76	0.59	3
黄丝草 <i>Potamogeton maackianus</i>	0.97	0.73	0.24	0.71	0.23	9
聚草 <i>Myriophyllum spicatum</i>	0.92	0.71	0.21	1.45	0.38	8
菹草 <i>Potamogeton crispus</i>	0.86	0.64	0.22	1.57	0.54	16
黑藻 <i>Hydrilla verticillata</i>	0.81	0.66	0.15	1.86	0.42	7
金鱼藻 <i>Ceratophyllum demersum</i>	0.64	0.49	0.15	1.13	0.35	4
苦草 <i>Vallisneria spiralis</i>	0.56	0.43	0.13	1.07	0.34	8
大茨藻 <i>Najas major</i>	0.56	0.38	0.18	1.52	0.70	6
黄花狸藻 <i>Utricularia aurea</i>	0.41	0.22	0.19	0.48	0.41	2
平均值	0.80	0.61	0.19	1.31	0.43	

10 种植物的毛产量和净产量, 其变幅分别为 0.41—1.19mgO<sub>2</sub>/(h · 0.5g), 0.22—0.96 mgO<sub>2</sub>/(h · 0.5g), 平均净产量为 0.61mgO<sub>2</sub>/(h · 0.5g), 约占毛产量的 3/4。生产量最高的是马来眼子菜, 其次是水车前; 生产量最低的是黄花狸藻, 其次是大茨藻。

从干物质重量增加的百分比例来看, 10 种植物的 1 小时光合率变幅在 0.48—2.76% 之间, 平均值为 1.31%。光合率最高的是水车前, 其次是黑藻和菹草, 而马来眼子菜的光合率并不高, 这是由于水车前、黑藻和菹草的干物质重量比马来眼子菜低的缘故。光合率最低的是黄花狸藻, 为 0.48%, 这可能是黄花狸藻既有植物的本性, 进行光合作用, 建造自身植物体; 又有捕食动物的本领, 靠捕虫囊捕食水生小动物, 消化吸收其营养之故。10

表 2 6种沉水植物生产力的比较(碘量测定法,培养液为东湖自来水加 Na<sub>2</sub>HCO<sub>3</sub>, 1981年6月)

Tab. 2 The comparison of productivity of six submerged macrophytes

植物种名	毛产量	净产量	呼吸量	1小时光合率	1小时呼吸率	测定次数
	mgO <sub>2</sub> /(h · 0.5g 鲜重植物)			(%)		
菹草 <i>Potamogeton crispus</i>	0.81	0.52	0.29	1.04	0.57	5
聚草 <i>Myriophyllum spicatum</i>	0.95	0.35	0.60	0.59	0.98	5
金鱼藻 <i>Ceratophyllum demersum</i>	0.62	0.31	0.31	0.73	0.72	6
苦草 <i>Vallisneria spiralis</i>	0.53	0.42	0.11	0.97	0.26	6
黑藻 <i>Hydrilla verticillata</i>	0.47	0.22	0.25	0.74	0.83	6
大茨藻 <i>Najas major</i>	0.23	0.11	0.12	0.38	0.42	6
平均值	0.60	0.32	0.28	0.65	0.63	

表 3 沉水植物生产力的比较(碘量测定法,培养液为东湖自来水, 1982年5—6月)

Tab. 3 The comparison of productivity of submerged macrophytes

植物种名	毛产量	净产量	呼吸量	1小时光合率	1小时呼吸率	测定次数
	mgO <sub>2</sub> /(h · 0.5g 鲜重植物)			(%)		
菹草 <i>Potamogeton crispus</i>	1.02	0.79	0.23	1.46	0.54	7
黄丝草 <i>Potamogeton maackianus</i>	0.98	0.73	0.25	0.71	0.24	7
马来眼子菜 <i>Potamogeton malaianus</i>	0.83	0.63	0.20	0.79	0.28	7
聚草 <i>Myriophyllum spicatum</i>	0.65	0.30	0.35	0.87	0.65	7
金鱼藻 <i>Ceratophyllum demersum</i>	0.51	0.27	0.24	0.83	0.54	7
黑藻 <i>Hydrilla verticillata</i>	0.39	0.20	0.19	1.07	0.61	7
小茨藻 <i>Najas minor</i>	0.37	0.22	0.15	—	—	4
黄花狸藻 <i>Utricularia aurea</i>	0.35	0.16	0.19	0.48	0.41	7
苦草 <i>Vallisneria spiralis</i>	0.29	0.20	0.09	0.84	0.27	7
大茨藻 <i>Najas major</i>	0.10	0.04	0.06	0.68	0.45	7
平均值	0.55	0.35	0.20	1.07	0.46	

种植物的 1 小时呼吸率变幅在 0.23—0.70% 之间, 平均值为 0.43%, 约为光合率的 1/3。10 种植物的呼吸量变幅在 0.13—0.24mgO<sub>2</sub>/(h·0.5g), 平均值为 0.19mgO<sub>2</sub>/(h·0.5g), 约为净产量的 1/3。

## 2. 碘量测定法

在光强度为 8000lx, 水温约为 28℃ 和东湖自来水(加 NaHCO<sub>3</sub> 溶液或不加)的条件下, 应用 Winkler 碘量法先后对 6 种、10 种沉水植物(水车前没有测定)的生产力进行了测定, 结果列于表 2 和表 3。

从两组测得的净产量和光合率来看, 生产力最高的是菹草, 其净产量为 0.52mgO<sub>2</sub>/(h·0.5g) 和 0.79 mgO<sub>2</sub>/(h·0.5g), 其光合率为 1.04% 和 1.46%。生产力最低的是大茨藻和黄花狸藻。

## 三、结论与讨论

### 1. 11 种沉水植物生产力的比较

为了进一步比较各种沉水植物的生产力, 将铂金电极自动测定法与 Winkler 碘量法所得到的三组数据汇总起来, 取其平均值, 并予以分析比较。

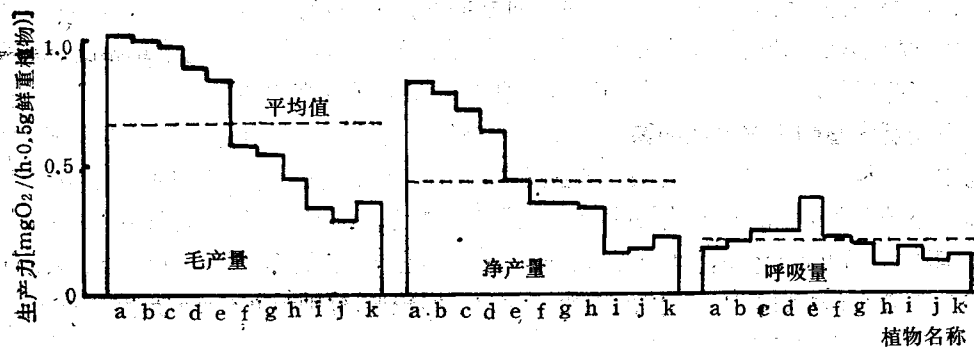


图 2 11 种沉水植物生产力的比较

Fig. 2 The comparison of productivity of eleven submerged macrophytes

a. 水车前; b. 马来眼子菜; c. 黄丝草; d. 菹草; e. 聚草; f. 金鱼藻; g. 黑藻;  
h. 苦草; i. 黄花狸藻; j. 大茨藻; k. 小茨藻。

由图 2 可见: 11 种沉水植物的毛产量在 0.30—1.03mgO<sub>2</sub>/(h·0.5g) 之间, 平均值为 0.67mgO<sub>2</sub>/(h·0.5g); 净产量在 0.16—0.85mgO<sub>2</sub>/(h·0.5g), 平均值为 0.46mgO<sub>2</sub>/(h·0.5g)。生产量较高的种类是水车前、马来眼子菜、黄丝草和菹草, 生产量较低的种类是黄花狸藻、大茨藻和小茨藻。呼吸量最低的是苦草, 最高的是聚草。

由图 3 可见: 10 种植物的 1 小时光合率在 0.48—2.76% 之间, 平均值为 1.07%。光合率较高的是水车前、菹草、黑藻和马来眼子菜, 较低的是黄花狸藻和大茨藻。呼吸率变动在 0.24—0.65% 之间, 平均值为 0.46%; 呼吸率最低的是黄丝草, 最高的是聚草。

从本文表 1—3 来看, 在水温约为 28℃ 的条件下, 黑藻与苦草相比, 黑藻的净产量和呼吸量均高于苦草。而 Jana 等<sup>[4]</sup>应用碘量法, 在光强度为 2000lx、水温为 35 ± 1℃ 的

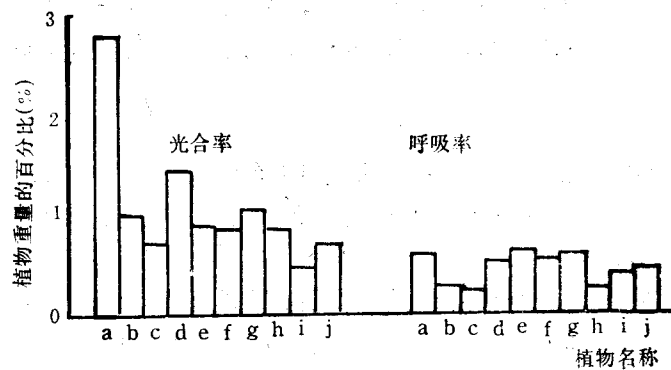


图 3 10 种沉水植物的光合率和呼吸率的比较

Fig. 3 The comparison of the rate of photosynthesis and respiration of ten submerged macrophytes

a. 水车前; b. 马来眼子菜; c. 黄丝草; d. 菹草; e. 聚草; f. 金鱼藻; g. 黑藻; h. 苦草; i. 黄花狸藻; j. 大茨藻。

条件下,对黑藻和苦草的生产力进行了测定,结果是黑藻的净产量高于苦草;但呼吸量则低于苦草,与本文的结果不一致,这可能是由于实验水温不同所造成的。据 Van 等报道,黑藻的最适温度为  $36.5^{\circ}\text{C}$ <sup>[5]</sup>。作者曾做过水温对黑藻生产力影响的试验,测得水温在  $30-40^{\circ}\text{C}$  时,黑藻的光合作用较强<sup>1)</sup>。因此,在水温  $35 \pm 1^{\circ}\text{C}$  时,黑藻与苦草相比,黑藻能正常进行呼吸活动,而苦草则因不适应较高的温度,出现较高的呼吸量。

**2. 影响沉水植物生产力的因素** 影响植物生产力的因素是多方面的,但在很大程度上与本身叶绿素含量的高低有关。作者应用二甲基亚砷方法<sup>[3]</sup>对文中11种沉水植物(除水车前和小茨藻外)中的9种植物的叶绿素进行了测定<sup>2)</sup>,叶绿素含量范围在  $0.32-1.19\text{mg/g}$ ,平均值为  $0.80\text{mg/g}$ ,其中马来眼子菜的叶绿素含量较高,为  $1.19\text{mg/g}$ ,表明它的生产力也较高;大茨藻和黄花狸藻的叶绿素含量均较低,分别为  $0.32\text{mg/g}$  和  $0.46\text{mg/g}$ ,表明它们的生产力也较低。

**3. 关于大茨藻植物的发展问题** 大茨藻是沉水植物中生产力最低的一种植物,虽然如此,由于它具靠种子传播和断枝无性繁殖的能力,因而能广泛分布于许多水域,特别是当其它植物被破坏后,它能得到较快的发展<sup>[2]</sup>;然而由于这种植物光能利用效率低,干物质含量不高,经济价值也不大,且枝叶上具粗齿为水上活动者所讨厌,故作者认为它是属于劣质低产的一种沉水植物,应该限制它在城市风景湖泊和池塘中的发展,甚至予以淘汰,而应让生产力较高、经济价值较大、有利水质净化的优质植物得以发展。

### 参 考 文 献

- [1] 陈洪达, 1984. 杭州西湖水生植被恢复的途径与水质净化问题. 水生生物学集刊 8(2): 237-244.  
 [2] 陈洪达, 1984. 武汉东湖大茨藻群落的研究. 水生生物学集刊 8(3): 331-340.  
 [3] Hiscock, J. H., G. F. Israelston, 1979. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue macera-

1) 陈洪达, 1987. 黑藻生产力研究. 武汉植物学研究. (待刊)

2) 陈洪达, 张晓燕, 1988. 水生植物叶绿素含量的测定. 湖北渔业 1: 26-31.

- tion. *Canadian Journal of Botany* 57(12): 1332—1334.
- [4] Jana, S., M. A. Choudhuri, 1979. Photosynthetic, photospiratory and respiratory behaviour of three submerged aquatic angiosperms. *Aquatic Botany* 7: 13—19.
- [5] Van, T. K., W. T. Haller and G. Bowes, 1976. Comparison of the photosynthetic characteristics of three submerged aquatic plants. *Plant Physiol.* 58: 761—768.

## PRODUCTIVITY OF ELEVEN SPECIES OF SUBMERGED MACROPHYTES

Chen Hongda

(Hubei Fisheries Science Research Institute, Wuhan)

### ABSTRACT

This paper reports the estimations of productivity of eleven submerged macrophytes by using the platinum electrode automatic recorder and the Winkler's method of determining the dissolved  $O_2$ , under laboratory conditions of light intensity of 8000 lx and water temperature of 28°C. The eleven submerged macrophytes are: *Potamogeton malaianus*, *P. maackianus*, *P. crispus*, *Ottelia alismoides*, *Myriophyllum spicatum*, *Hydrilla verticillata*, *Vallisneria spiralis*, *Ceratophyllum demersum*, *Najas major*, *N. minor* and *Utricularia aurea* (the insectivorous aquatic plant).

The range of the gross production of the eleven submerged macrophytes is 0.30—1.03  $mgO_2/(h \cdot 0.5 g)$  fresh weight), averaging 0.67  $mgO_2/(h \cdot 0.5 g)$ . The range of the net production is 0.16—0.85  $mgO_2/(h \cdot 0.5 g)$ , averaging 0.46  $mgO_2/(h \cdot 0.5 g)$ ; the net production of *Ottelia alismoides*, *Potamogeton malaianus*, *Potamogeton maackianus* and *Potamogeton crispus* is much higher, 0.85, 0.80, 0.73 and 0.65, respectively.

The range of the photosynthesis rate (the percentage of the net increasing weight) of the eleven submerged macrophytes in an hour is 0.48—2.76%, averaging 1.07%. The photosynthesis rate of *Ottelia alismoides*, *Potamogeton crispus*, *Hydrilla verticillata* and *Potamogeton malaianus* is much higher, 2.76%, 1.46%, 1.07% and 0.99%, respectively.

The productivity of *Utricularia aurea* and *Najas major* is the lowest with a net production of 0.16  $mgO_2/(h \cdot 0.5 g)$  and 0.18  $mgO_2/(h \cdot 0.5 g)$ , respectively; the rate of photosynthesis in an hour is 0.48% and 0.68%, respectively.