

光照强度和温度对营养生长的巨藻雌、雄配子体光合放氧的影响

李德茂^{1,2}, 王广策¹, 李兆生³, 彭光¹, 王明曙³, 曾呈奎¹

(1. 中国科学院 海洋研究所 实验海洋生物学重点实验室, 山东 青岛 266071; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039; 3. 山东省青岛市崂山区海洋与渔业局, 山东 青岛 266061)

摘要: 利用氧电极法测定了光照强度和温度对巨藻 (*Macrocystis pyrifera*) 雌雄配子体光合放氧的影响。结果表明, 巨藻配子体营养生长的最适光强为 1 500~2 000 lx, 最适温度为 18~20℃。雌雄配子体最高放氧速率分别为 1 699.4 nmol/(min·g) 和 1 497.3 nmol/(min·g)。

关键词: 巨藻雌配子体; 巨藻雄配子体; 氧电极; 光合放氧

中图分类号: Q945.11

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2005)12-0051-05

巨藻属于褐藻门 (Phaeophycophyta)、游孢子纲 (Phaeosporeae)、海带目 (Laminariales)、巨藻科 (Lissoniaceae)、巨藻属 (*Macrocystis*), 学名 *Macrocystis pyrifera*^[1], 原产于北美洲大西洋沿岸, 澳大利亚、新西兰、秘鲁、智利及南非沿岸。成熟的巨藻一般长 70~80 m, 最长的可达到 500 m, 而且其生长速度非常快, 每年可收割 3 次。中国在 1978 年从墨西哥引进巨藻。巨藻养殖已经在中国沿海地区获得成功。但是, 由于育苗等原因, 目前中国的巨藻养殖已基本上处于停滞状态。

巨藻可以提炼藻胶, 制造塑料、纤维板, 它还是制药工业的原料。近年来, 又发现它含有丰富的甲烷成分, 可以用来制造甲烷, 因此巨藻是一种极具潜力的生物能源海藻。

褐藻配子体的培养具有重要的意义。配子体可用于种质保藏、遗传学研究、大量育苗等。因此, 研究光照强度和温度对巨藻配子体光合放氧的影响具有重要的意义。

作者以巨藻雌、雄配子体为材料研究了不同光照强度和温度对其光合放氧的影响, 以期对巨藻配子体的培养提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 仪器与试剂

英国汉莎科学仪器公司 Oxygraph 氧电极、ZDS-10 照度计, 上海市嘉定学联仪表厂 TB-85 水浴锅。所用海水均经过高温处理, NaHCO₃ 为分析纯。

1.2 巨藻雌、雄配子体及其培养

培养条件与方法: 培养温度为 18~20℃; 光照强

度 1 500~2 000 lx, 光源为 150 W 荧光灯, 通过光照距离调节光强, 光暗比为 12:12 的循环光照, 培养液组成为: NaNO₃ 0.06~0.07 g/L, NaH₂PO₄ 0.003~0.004 g/L, pH 值为 7.5~8; 天然海水经沙滤器过滤煮沸消毒, 进入培养室预冷后使用; 充气悬浮培养, 供给气体经 1% 硫酸铜溶液过滤; 每周换水 2 次, 换水时提前 1 h 停止充气, 待丝状体沉降瓶底, 吸出上清液, 加入新鲜培养液。

1.3 放氧活性测定

取培养 14 d 的配子体, 用吸水纸吸去水分, 在天平上称量后放入氧电极反应杯中, 反应介质为含有 0.1 mol/L NaHCO₃ 的灭菌海水。以水浴锅控制温度, 以 500 W 碘钨灯做光源, 光强通过距离变化调节, 并用照度计测定。每次试验重复 3 次, 取平均值。

2 结果与讨论

2.1 巨藻雌、雄配子体形态

巨藻雄配子体的细胞多为长形单细胞或分枝丝状体, 细胞长 10 μm, 宽 3.8 μm, 单细胞的个体大小

收稿日期: 2005-05-17; 修回日期: 2005-08-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40476059, 30170499, 30250003, 39890390); 中国科学院科技创新项目 (KZCX2-211); 中国高技术研究发展计划资助项目 (2004 A A603220)
作者简介: 李德茂 (1978), 山东潍坊人, 博士, 主要从事海洋生物学的研究, 电话: 0532-82895875, E-mail: lmd0825@tom.com; 王广策, 通讯作者, 电话: 0532-82898574, E-mail: gcwang@ms.qdio.ac.cn

为 $3\mu\text{m} \times 7\mu\text{m}$ 。巨藻雌配子体为圆形或椭圆形单细胞或多细胞丝状体, 细胞长 $22\mu\text{m}$, 宽 $9.2 \sim 14$

μm , 是雄配子体的 2~3 倍。巨藻雌、雄配子体形态特征如图 1。

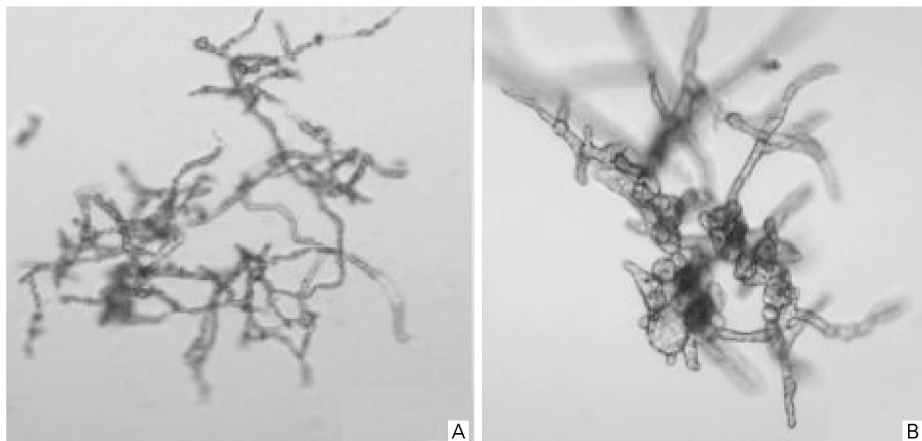


图 1 巨藻雌雄配子体

Fig. 1 The female and male gametophytes of *Macrocystis pyrifera*

A. 雄配子体显微图片 ($\times 100$)

B. 雌配子体显微图片 ($\times 100$)

A. Photomicrographs of male *M. pyrifera* gametophytes ($\times 100$)

B. Photomicrographs of female *M. pyrifera* gametophytes ($\times 100$)

2.2 光照强度对巨藻雌、雄配子体光合作用的影响

在水温 18°C , 测定了巨藻雌雄配子体光照强度-光合速率曲线如图 2 所示。

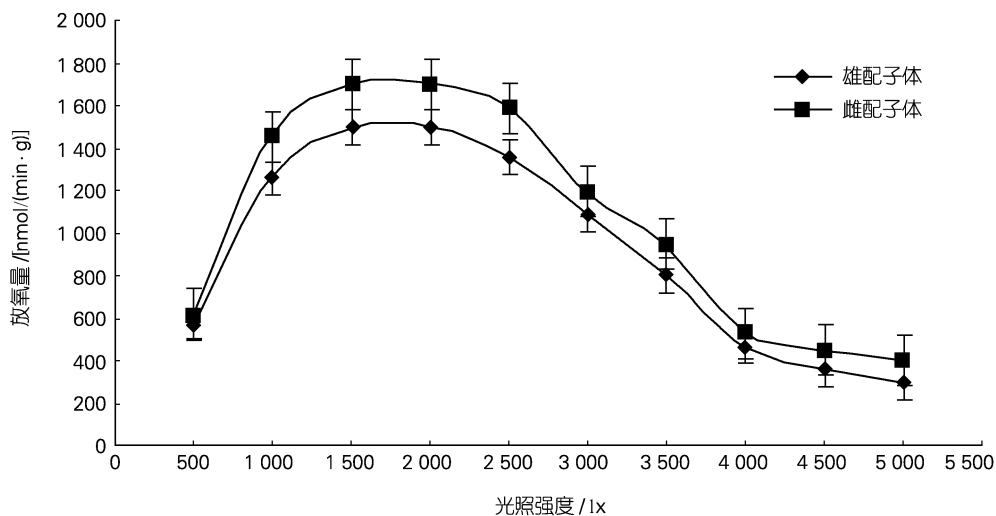


图 2 巨藻雌雄配子体光照强度-光合速率曲线

Fig. 2 The curves of light intensity-photosynthetic rates of female and male *Macrocystis pyrifera* gametophytes

由图 2 可知,随着光强的增大,巨藻配子体放氧速率增加,当光强达到 1 500 lx 时,巨藻配子体达到光饱和点,雌雄配子体的放氧速率分别为 1 697.5 $\text{nmol}/(\text{min} \cdot \text{g})$ 和 1 496.6 $\text{nmol}/(\text{min} \cdot \text{g})$,同时还发现,在测试光强范围内,雌配子体的放氧速率高于雄配子体的放氧速率。由图 2 可知雌雄配子体的最适光照强度为 1 500~2 000 lx。

为验证此试验结果,各取适量配子体分别置于 500~5 000 lx 下培养,14 d 后显微镜观察其配子体

的形态结构,并用荧光检测配子体的坏死情况。研究发现,在光强 500~3 000 lx 之间发现配子体的色素积累正常,光强大于 3 000 lx 时色素积累出现异常,出现坏死情况。图 3 为光强 4 000 lx 下出现坏死的雄配子体,图 3 A 是出现坏死的雄配子体显微照片,图 3 B 是这一坏死配子体的荧光显微照片,该图非常清楚地显示出了其坏死情况。雌配子体的坏死情况大致相当。

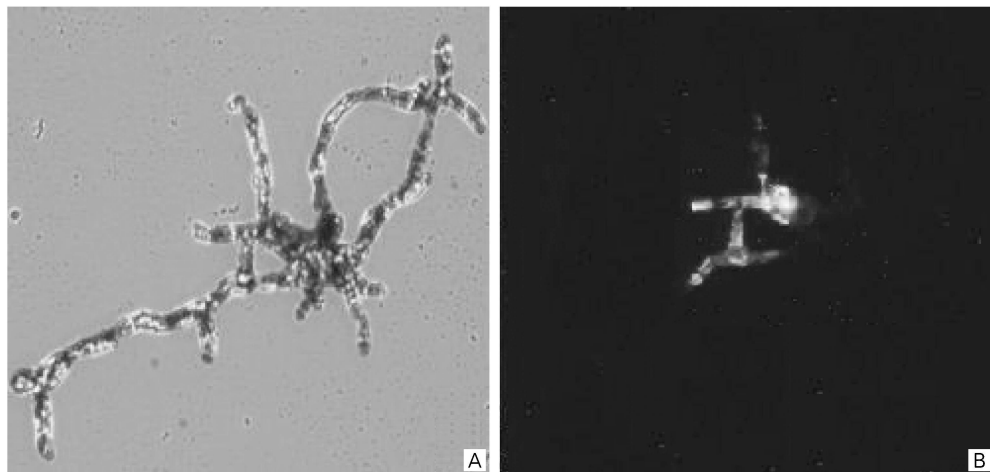


图 3 坏死的雄配子体($\times 100$)

Fig. 3 The putrescence of male gametophytes($\times 100$)

2.3 温度对巨藻配子体光合作用的影响

在光照为 2 000 lx,反应介质中 NaHCO_3 浓度为 0.1 mol/L 的条件下测定了巨藻配子体的温度光合作用速率曲线(图 4)。

结果表明,随着温度的升高,雌雄配子体的放氧量增加,当温度在 18~20℃ 之间时,配子体的放氧量最多,说明此温度比较适合于配子体的生长,当温度高于 20℃ 时,配子体的放氧量开始降低,说明高于 20℃ 的温度对配子体的生长是不适合的。在 18℃ 下,光照强度为 2 000 lx 时,巨藻雌雄配子体的放养速率分别为 1 699.4 $\text{nmol}/(\text{min} \cdot \text{g})$ 和 1 497.3 $\text{nmol}/(\text{min} \cdot \text{g})$ 。

光强为 2 000 lx,不同温度的验证试验显示,与图 4 放氧曲线相一致,在温度 18~20℃ 的配子体生长最为正常,25℃ 的配子体出现死亡情况。

在温度为 18℃,光照强度为 2 000 lx 时巨藻雌雄配子体放氧曲线分别如图 5 所示。

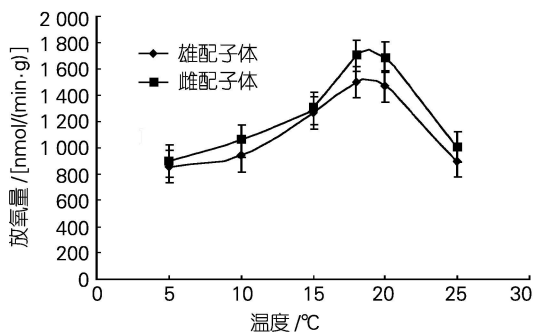


图 4 巨藻配子体的温度-光合作用速率曲线

Fig. 4 The curves of temperature-photosynthetic rates of female and male *Macrocyctis pyrifera* gametophytes

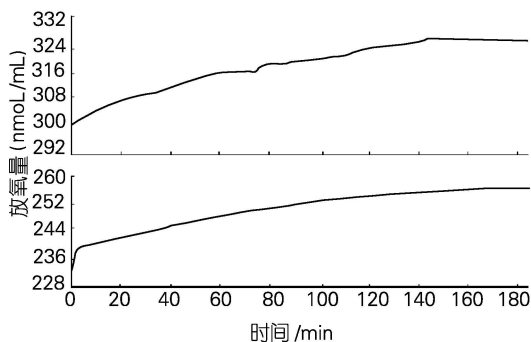


图5 巨藻雌雄配子体放氧曲线

Fig. 5 The curve of photosynthetic oxygen evolution

A. 巨藻雌配子体放氧曲线;

B. 巨藻雄配子体放氧曲线

温度为 18℃,光照强度为 2 000 lx

A. The photosynthetic oxygen evolution curve of female *Macrocystis pyrifera* gametophytes

B. The photosynthetic oxygen evolution curve of male

M. pyrifera gametophytes temperature 18℃,

light intensity 2 000 lx

3 讨论

巨藻生活史中存在配子体和孢子体的世代交替^[2],与海带相似^[3]。成熟的孢子体产生带有鞭毛的游走孢子,在合适的水体和条件下就可生长成为雌雄配子体,雌配子体排卵后受精生长成孢子体,然后发育为成熟的孢子体。在自然界中雌雄配子体的生命周期是很短的,但是 Anderson 等^[4]研究发现,在实验室里控制温度、营养、光强可以延长其周期,或使其始终不发育,长期处于营养生长状态,而可以将其大量扩增。本文作者利用这一特性,已经大量地克隆培养了巨藻的雌雄配子体。

光照强度是控制巨藻生长周期的非常重要的因素。研究发现在光照强度为 500 lx 左右、温度为 5~10℃时,巨藻光合放氧非常低,在这一条件下适于巨

藻配子体的保种。当光强逐渐增加时,巨藻配子体放氧逐渐增加,光强达到 1 500 lx 时巨藻达到光饱和状态,这与 Lüning 等^[5]采自南加利福尼亚海的巨藻的饱和光强不同,后者饱和光强为 1 000 lx,这可能与不同品种和采集海域不同有关^[6]。当光强大于 2 000 lx 时,出现了光抑制现象,使配子体放氧下降,这是因为过剩的光能超过了可利用的光能,同时又超过了非辐射能量耗散的能力,引起了对 PS 的损伤^[7]。

温度在 18~20℃之间时,巨藻配子体放氧达到最大,此时的配子体与处于相对较低温度的配子体相比排卵受精的几率非常低,这可能与配子体处于不适于繁殖的生长状态有关。

参考文献:

- [1] 刘永定,范晓,胡征宇.中国藻类学研究[M].武汉:武汉出版社,2001.125.
- [2] Sauvageau C. Sur la sexualite heterogamique d'une Laminaire (Saccorhizabulbosa) [J]. **Compt Rend Acad Sci Paris**, 1915, 161: 796-799.
- [3] 汪文俊,王广策,张宝玉.海带栽培品系和长海带 ITS 区的 PCR 扩增及序列分析[J]. **高技术通讯**, 2005, **15** (4): 85-101.
- [4] Anderson E K, North W J. Light requirements of juvenile and microscopic stages of giant kelp, *Macrocystis* [J]. **Proc Int Seaweed Symp**, 1969, 6: 3-15.
- [5] Lüning K, Neushul M. Light and temperature demands for growth and reproduction of *Laminaria* gametophytes in southern and central California [J]. **Marine Biology**, 1978, 45: 297-309.
- [6] Munoz V, Hernandez-Gonzalez M C, Buschmann A H, et al. Variability in per capita oogonia and sporophyte production from giant kelp gametophytes (*Macrocystis pyrifera*, Phaeophyceae) [J]. **Revista Chilena de Historia Natural**, 2004, 77: 639-647.
- [7] 韩博平,韩志国,付翔.藻类光合作用机理及模型[M].北京:科学出版社,2003.79-80.

The effects of light intensity and temperature on photosynthetic oxygen evolution of the female and male gametophytes of *Macrocystis pyrifera*

LI De-mao^{1,2}, WANG Guang-ce¹, LI Zhao-sheng³, PENG Guang¹, WANG Ming-shu³, C. K. Tseng¹

(1. Key Laboratory of Experimental Marine Biology, Institute of Oceanology, The Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. Graduate School, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China; 3. Ocean and Fishery Bureau of Laoshan District of Qingdao City, Qingdao 266061, China)

Received: May, 17, 2005

Key words: Female and Male *Macrocystis pyrifera* Gametophytes; Oxygen Electrode; photosynthetic oxygen evolution

Abstract: The Effects of light intensity and temperature on photosynthetic oxygen evolution of the female and male gametophytes of *Macrocystis pyrifera* were determined by applying the Oxygen Electrode method. The optimal photosynthetic light intensity is 1 500~ 2 000 lx, and the optimal photosynthetic temperature is 18~ 20°C. The highest photosynthetic rates of female and male gametophytes are 1 699.4 nmol/(min • g) and 1 497.3 nmol/(min • g) respectively.

(本文编辑: 张培新)