

两种涡鞭毛藻生长特性的研究*

周名江 颜 天

(中国科学院海洋研究所, 青岛 266071)

M. Elbrachter

(*Biologische Anstalt Helgoland, Germany* 2282 List/ Sylt)

提要 运用单种培养的方法研究了分别于1987年和1989年采自葡萄牙沿海和德国湾的两种赤潮涡鞭毛藻 *Alexandrium lusitanicum* (A. L.)和 Y-100在不同光、温、盐条件下的生长特性。结果表明,在较低温度条件下,藻的生长在较低的光照强度($27\mu\text{E}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$)时就显示了光饱和现象;在较高温度条件下,藻的生长随光照增加而加快。两种藻生长的最适温度随光照强度增加而增加,在低于最适温度条件下生长速率都随温度升高而加快。Y-100在35—20的盐度范围内生长速率无明显差异,在盐度15时生长率降低,在盐度10时藻不再生长。

关键词 赤潮 涡鞭毛藻 生长特性

涡鞭毛藻是产生有害赤潮(Harmful Algae Blooms)的主要藻种,其中一些涡鞭毛藻能产生毒素而引起鱼类、贝类甚至人类的死亡,因此受到普遍关注。A. L. 和 Y-100两种涡鞭毛藻分别曾在欧洲西部沿海和德国湾形成过赤潮。作者曾就这两种重要的赤潮生物的周日垂直迁移特性及细胞周日阶段分裂现象进行过研究和报道(周名江等,1994)。许多研究表明,光照和温度是藻类细胞生长的能量来源和生理代谢的控制因子(Coesel et al., 1990; Admiral, 1977),而生长率决定了藻类的分布和丰度。本文报道这两种涡鞭毛藻在不同光、温、盐条件下的生长特性研究,并对这两种涡鞭毛藻可能形成赤潮的机理和条件进行分析和讨论。

1 研究方法

A. L. 和 Y-100分别于1987年和1989年夏采自葡萄牙沿海和德国湾,在实验室分离并单种培养。实验时接种于150ml磨口瓶中,设6个平行,用F/2培养液,按L:D = 12:12控制光照,光照强度分别为27、70和 $120\mu\text{E}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,温度分别为8(只是Y-100),12,15,18,21,24℃,藻经过一周的适应后开始实验。对Y-100设置了在不同盐度下的生长实验,在18℃和光照 $70\mu\text{E}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 条件下,盐度范围为10—35,在每

* 国家自然科学基金资助项目,9389008号。周名江,男,出生于1944年5月,研究员。

本研究得到德国研究技术部, BMFT资助,特此志谢。

收稿日期:1996年3月25日,接受日期:1996年12月18日。

一个实验盐度，藻都进行 30d 的驯化后，才开始进行生长实验。

实验中，每天定时取出藻液，以鲁哥液(Lugo)固定藻液，按 Sournia(1978) 法用 25ml 计数框在倒置显微镜下计数。生长常数 μ 的计算参照 Bailey(1981) 法，将所测得的细胞数 C 的对数值与时间 T 进行线性回归分析，由斜率计算出生长常数 μ ，将不同光照强度条件下藻的生长常数 μ 分别与温度作图 1a, b, 图 1 中各点 95% 置信区间误差范围

为 $\pm 1.96 \times (S / \sqrt{\sum (T - \bar{T})^2})$ ，其中标准偏差为

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left\{ \sum (C - \bar{C})^2 - \frac{[\sum (C - \bar{C})(T - \bar{T})]^2}{\sum (T - \bar{T})^2} \right\}}$$

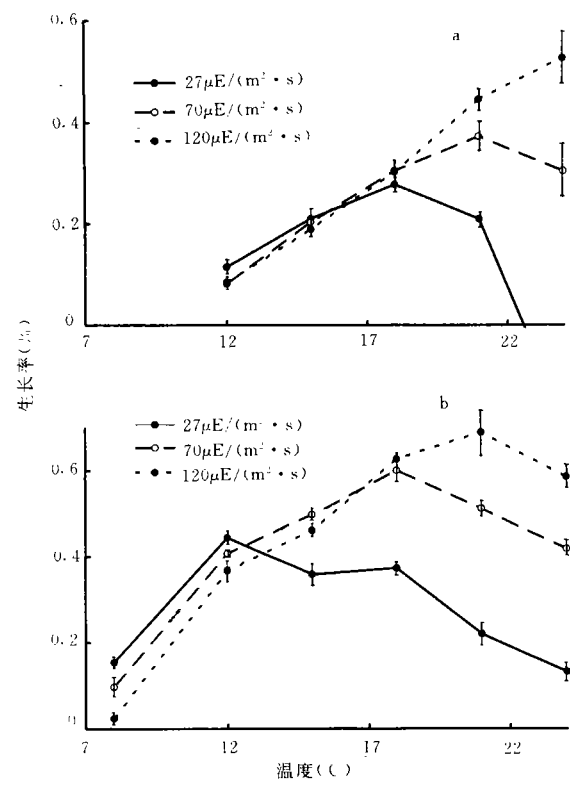


图 1 *Alexandrium lusitanicum*(A. L.)(a)与 Y-100 (b)在不同光温条件下的生长情况

2 研究结果

2.1 A. L. 在不同光温条件下的生长

在不同光照和温度条件组合下，A. L. 的生长情况见图 1a。实验中在 24℃ 和 120μE / (m² · s) 光照条件下，A. L. 生长率最大 ($\mu = 0.52$)。在较低温度范围 (12—15℃) 内，在低光照时 (27μE / (m² · s))，藻就显示出了光饱和现象；在较高温度下，藻的生长随光照增加而加快。不同光照条件下，最适温度不同，光照强度越高，藻的最适温度就越高，如 27μE / (m² · s) 时最适温度为 18℃，70μE / (m² · s) 时为 21℃，120μE / (m² · s) 时为 24℃；低于最适温度，藻的生长率随温度升高而增加；超过最适温度，藻生长降低。由实验结果可见，这种藻适应于高温高光照的环境条件。

2.2 Y-100 在不同光温条件下的生长

在不同光照和温度条件组合下，Y-100 的生长情况见图 1b。实验中在 21℃ 和 120μ E / (m² · s) 光照条件下藻的生长率最大 ($\mu = 0.69$)。在较低温度范围 (8—15℃) 内，在较低光照

Fig.1 Growth of *Alexandrium lusitanicum*(A.L.)(a)and Y-100 (b) under different light intensities and temperatures

时 (27μE / (m² · s) 和 70μE / (m² · s))，这种藻比 A.L. 显示出了更明显的光饱和现象，在较高温度下 ($\geq 18^\circ\text{C}$)，藻的生长率随光照增加而增加。不同光照条件下，最适温度不同，藻的最适温度也是随光照强度增强而增高，27μE / (m² · s) 时最适温度为 12℃，70μE / (m² · s) 时为 18℃，120μE / (m² · s) 时为 21℃；在最适温度以下，藻的生长随温度升高而加快；超过最适温度，藻生长率降低。实验结果表明，这种藻在低光照时适应

低温条件, 在高光照时适应较高温(21℃)条件, 高温(24℃)反而不利于生长。实验中藻生长最佳光温条件出现在 $120\mu\text{E} / (\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 和 21℃, 这与 A.L. 不同。

2.3 Y-100在不同盐度条件下的生长

图 2 显示了 Y-100 在不同盐度条件下的生长情况, 在盐度为 35—20 的范围内, 生长不受盐度的影响, 在盐度为 15 时, 生长率降低, 到盐度为 10 时, 藻不再生长。

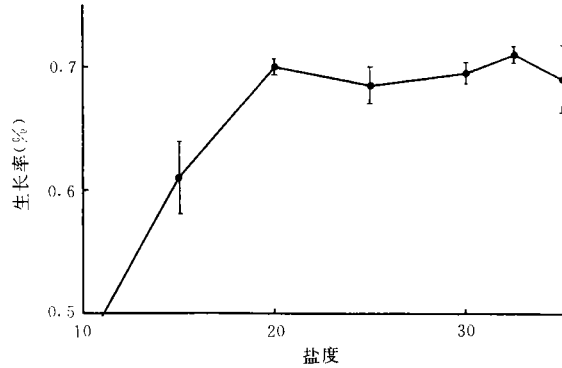


图 2 Y-100 在不同盐度下的生长情况

Fig.2 Growth of Y-100 at different salinities

3 讨论与结语

3.1 两种涡鞭毛藻的生长特性 两种藻都在较低温度下出现低光照条件下的光饱和和现象, 这个结果与 Admiral(1977)在研究光温对几种海湾底栖藻生长率影响时观察到的 4 种底栖藻在低温时(12℃)在较低光照下($28.9\mu\text{E} / (\text{m}^2 \cdot \text{s})$)出现光饱和和现象, 在较高温时(20℃)在较高光照下($58\mu\text{E} / (\text{m}^2 \cdot \text{s})$)出现光饱和和现象是一致的。可见在进行光饱和实验时, 应该考虑温度的影响。表 1 列出了几种藻的光饱和和值。

表 1 几种单胞藻生长的最低光饱和强度值

Tab.1 Minimum light intensity for light-saturated growth of some unicellular algae

| 藻 种 | 最低光饱和强度值 |
|-----------------------------------|---|
| | $[\mu\text{E} / (\text{m}^2 \cdot \text{s})]$ |
| <i>Nitzschia sigma</i> | 28.9—58 (12℃—20℃) ¹⁾ |
| <i>Amphiprora c.f</i> | 28.9—58 (12℃—20℃) ¹⁾ |
| <i>Nitzschia c.f</i> | 28.9—58 (12℃—20℃) ¹⁾ |
| <i>Navicula arenaria</i> | 28.9—58 (12℃—20℃) ¹⁾ |
| <i>Skeletonema costatum</i> | 115.7 ²⁾ |
| <i>Nitzschia turgidula</i> | 86.8 ³⁾ |
| <i>Cheatoceeros armatum</i> | 20 ⁴⁾ |
| <i>Rhizosolenia fragillissima</i> | 40 ⁵⁾ |
| <i>Alexandrium lusitanicum</i> | 27 (12℃—15℃) ⁶⁾ |
| Y-100 | 27 (8℃—12℃) ⁶⁾ |
| Y-100 | 70 (15℃) ⁶⁾ |

1) Admiral, 1977; 2) Jitts et al., 1964; 3) Paasche, 1968; 4) Lewin et al., 1972; 5) Smayda, 1969; 6) 本实验。

3.2 可能形成赤潮的机制和条件 本实验表明, Y-100 比 A.L. 更能适应低温条件, 而且在各种不同实验条件下, Y-100 的生长速率都高于 A.L.。另外作者在研究这两种涡鞭毛藻垂直迁移时发现(周名江, 1994), Y-100 比 A.L. 的垂直迁移性强, 它的细胞能直接在表层水面集聚使它更能有效地利用光能, 这些特性表明, 在水温较低的北海, Y-100 比 A.L. 更可能形成赤潮。许多研究报道了涡鞭毛藻易受到扰动的影响(Thomas

et al., 1992), 我们在本文实验中也发现了这两种藻对扰动(Turbulence)都非常敏感, 每天在 20s 内颠倒培养瓶 20 次即可抑制藻的生长。因此, 在浅海区域, 由于水流等强的扰动对藻生长的直接不利影响和扰动引起的底质颗粒悬浮而降低光照强度的间接不利作用, 这两种藻都很难形成赤潮, 相反, 在深海和避风港湾内这两种藻都可能形成赤潮。

Y-100在不同盐度条件下生长特性的研究表明, 这种藻不适应在盐度较低的区域生长, 所以在河口等地方不大可能形成赤潮, 1990年8月29日Y-100在德国湾发生赤潮时的卫星照片证实了这一点。依据以上分析, 可以认为, 适应高纬度地区冬季低温低光照条件和夏季较高温较高光照条件, 很可能是Y-100在德国湾频繁发生赤潮的原因之一。涡鞭毛藻对不同环境的这种适应特性是赤潮在全球范围发生的一个重要原因。

参 考 文 献

- 周名江等, 1994, 海洋与湖沼, 25(2): 165—178.
- Admiral, W., 1977, *Marine biology*, 39: 1—9.
- Bailey, N. T. J., 1981, *Statistical Methods in Biology*, Hodder and Stoughton (London) pp.90—98.
- Coesel and Wardenaar, 1990, *Freshwater Biology*, 23: 551—560.
- Jitts, H. R. et al., 1964, *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 21: 139—157.
- Lewin J. and Mackas, D., 1972, *Mar. Biol.*, 16: 171—181.
- Paasche E., 1968, *Physiologia Pl.*, 21: 66—77.
- Smayda T. J., 1969, *J. Phycol.*, 5: 150—157.
- Sourmia, A., 1978, *Phytoplankton Manual*, United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (Paris), pp. 81—101.
- Thomas W. H. and C. H. Gibson, 1992, *Deep-Sea Research*, 39(7 / 8): 1429—1437.

STUDY ON GROWTH OF TWO BLOOM-FORMING DINOFLAGELLATES

Zhou Mingjiang, Yan Tian

(Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071)

M. Elbrachter

(Biologische Anstalt Helgoland, Germany, 2282 List / Sylt)

Abstract This batch culture study on growth rate, as a function of temperature, light and salinity of two bloom-forming dinoflagellates, *Alexandrium lusitanicum* (A. L.) and Y-100, isolated in Portugal and Germany in 1987 and 1989, indicated that both dinoflagellates showed saturation of growth at low light intensity of $27\mu\text{E} / (\text{m}^2 \cdot \text{s})$ under low temperatures, while under higher temperatures the growth rate increases with light intensity. It suggested that in experiments on light-saturated growth of algae, the temperature should be stated to get the comparable results. Maximum growth rates of A.L. and Y-100 appeared at 24 Centigrade- $120\mu\text{E} / (\text{m}^2 \cdot \text{s})$ and 21 Centigrade- $120\mu\text{E} / (\text{m}^2 \cdot \text{s})$ respectively. Salinity from 35 to 20 had no significant influence on the growth rates of Y-100, while growth reduction and growth inhibition were observed at 15 and 10, respectively. It showed that Y-100 acclimated to the condition of low temperature at low light intensity more easily than A. L. and thus have more potential to form red tides in the North Sea, Europe. The poor growth of Y-100 under lower salinity indicated that Y-100 would rarely form red tides in estuaries.

Key words Red tide Dinoflagellate Growth