

光和温度对叶绿素 a 和脱镁叶绿酸 a 降解的影响*

张武昌 王 荣

(中国科学院海洋研究所 266071)

关键词 叶绿素 a, 脱镁叶绿酸 a, 降解

叶绿素 a (Chlorophyll a) 常被用做浮游植物生物量的指标, 是海洋常规调查项目内容。叶绿素 a 并不稳定, 它在高温或有光的条件下发生降解, 影响了对其浓度的测定。本文研究了温度和光线对纯叶绿素 a 及其降解产物脱镁叶绿酸 a (Phaeophorbide a) 降解速度的影响, 以期对在提取过程中减少叶绿素 a 的降解有所帮助。

1 材料和方法

1.1 材料

叶绿素 a: 使用 Sigma 产品 (安瓶瓶 1 mg 装)。用 90% 丙酮溶解, 稀释成一定浓度, -20°C 黑暗中保存备用。

脱镁叶绿酸 a: 将少许 10% 盐酸加入叶绿素 a 即

为脱镁叶绿酸 a。

光照度计: 北京师范大学光电仪器厂生产的 ST-92 型光照度计。

荧光光度计: Turner II 型, 用来测叶绿素 a、脱镁叶绿酸 a 的浓度。

1.2 实验设计

色素浓度的测量: 参照 1972 年 Strickland 和 Parsons 以及 1986 年王荣使用的荧光光度法。酸化比 R 是酸化前和酸化后荧光光度计读数的比值。纯叶绿素 a 的 R 值根据不同的荧光光度计和测量档位而不同。本实验纯叶绿素 a 的 R 值为 2.1。样品的 R 值在 2.1 和 1 之间变动, 从 R 值能看出叶绿素 a 和脱镁叶绿酸 a 在样品中的相对含量。

实验设计: 见表 1。其中正午日光光强为 $1\,600\,\mu$

表 1 测定叶绿素 a 和脱镁叶绿酸 a 在不同条件下降解的实验设计

Tab. 1 Conditions of Chlorophyll a and Phaeophorbide a degradation experiments

色素	温度	光线	时间(年.月.日,时:分)	测量时间间隔
叶绿素 a	15°C	正午日光	1997.10.26	510 min
		日光灯	1997.10.27, 20:15 10:28 6:50	1 h
		黑暗	1997.11.11 1998.2.11	2030 d
	-20°C	黑暗	1998.2.14 9.12	12 month
脱镁叶	15°C	正午日光	1997.10.26	10 min
绿酸 a	-20°C	黑暗	1998.1.8 9.12	12 month

$\text{Einst m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, 光线在实验过程中减弱到 $1\,000\,\mu \text{Einst m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 。日光灯下 15 cm 处光强为 $30\,\mu \text{Einst m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 。将样品放入冰箱即为 -20°C 黑暗条件。将色素溶液分装于磨口玻璃瓶中, 每瓶 200 ml, 测定时倒出约 8 ml, 不再倒回。除脱镁叶绿酸 a 在正午日光下的降解实验有 4 个平行样, 其余实验都是 2 个平行样。

浓度变化用 $C_t = C_0 \cdot e^{-rt}$ 来回归, 其中 t 为光量子通量 (单位为 Einst m^{-2}) 或实验天数 (单位为 d), C_t 为变化后的浓度, C_0 为初始浓度, r 为回归系数, 正

值, 单位随 t 的单位而变化, 分别为 $\text{m}^2 \text{Einst}^{-1}$ 和 d^{-1} 。

2 结果

实验结果见图 1~图 6, 图中叶绿素 a 和脱镁叶

* 国家自然科学基金资助项目 49790010 号, 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 3735 号。

收稿日期: 1999-03-26; 修回日期: 1999-06-21

绿素 a 的浓度为相对于初始值的相对浓度。

纯叶绿素 a 在光降解和暗降解的过程中,酸化比一直保持为 2.1。脱镁叶绿素 a 降解过程中,酸化比一直保持为 1。说明叶绿素 a 光降解和暗降解的产物都是没有荧光的物质。

纯叶绿素 a 和脱镁叶绿素 a 的降解有很好的指数回归。15℃ 时,叶绿素 a 光降解的速度非常快(图 1 和图 2), r 分别为 1.152 7, 1.111, 1.116 5, 1.150 5 $\text{m}^2 \text{Einst}^{-1}$ (回归 $r^2 > 0.95$), 平均为 $1.13 \text{ m}^2 \text{Einst}^{-1}$, 日光下实验和日光灯下实验没有明显差异。正午日光下 6~7 min 可减半, 日光灯下 5.5 h 即可减半。室温下暗降解的速度较慢(图 3), r 值为 0.027 5, 0.031 7 d^{-1} (回归 $r^2 > 0.95$), 平均为 0.03 d^{-1} , 相当于 23 d 减半。

脱镁叶绿素 a 的光降解速度比叶绿素慢(图 5), r 值分别为 0.168 7, 0.149 8, 0.180 4, 0.166 1 $\text{m}^2 \text{Einst}^{-1}$, 平均为 $0.166 3 \text{ m}^2 \text{Einst}^{-1}$ (回归 $r^2 > 0.95$), 正午日光下 45 min 减半。

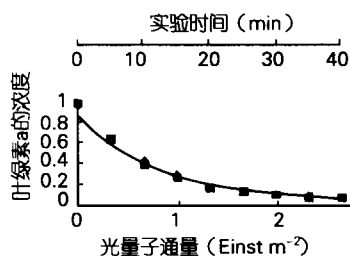


图 1 叶绿素 a 在正午日光 ($1600 \mu \text{Einst m}^{-2} \text{s}^{-1}$) 下浓度的变化

图中叶绿素 a 浓度为相对于初始值的浓度

Fig. 1 Chlorophyll a degradation under sunlight ($1600 \mu \text{Einst m}^{-2} \text{s}^{-1}$) at noon

-20℃ 时, 叶绿素 a 和脱镁叶绿素 a 在黑暗之中几乎不降解(实验分别持续 200 和 250 d)。从图 4 和图 6 可以看出, 叶绿素 a 和脱镁叶绿素 a 的测定值分别在 10% 和 7% 范围内波动。两次实验的最后 5 次测定是在同一时间进行的, 其变动的趋势相似, 叶绿素 a 和脱镁叶绿素 a 的测定值的波动可能是仪器的系统误差。

3 讨论

叶绿素 a 光降解和暗降解的产物都是没有荧光

的物质, 这种产物的化学特性尚不清楚。Moreth 和 Yentch 在 1970 年曾报道过这种产物的吸收光谱与叶绿素 a 吸收光谱不同, 缺少红区和紫外区的吸收峰, 紫外区的吸收也较弱。

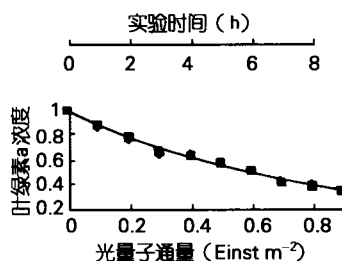


图 2 叶绿素 a 在日光灯 ($30 \mu \text{Einst m}^{-2} \text{s}^{-1}$) 下浓度的变化
图中叶绿素 a 浓度为相对于初始值的浓度。

Fig. 2 Chlorophyll a degradation under fluorescent lamp ($30 \mu \text{Einst m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

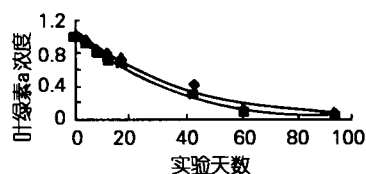


图 3 叶绿素 a 在 15℃ 黑暗条件下浓度的变化
图中叶绿素 a 浓度为相对于初始值的浓度

Fig. 3 Chlorophyll a degradation at 15℃ in dark

1985 年, Welschmeyer 和 Lorenzen 曾经测量沉积物采集器中的脱镁叶绿素 a 和叶绿素 a 的暗降解速度 (15℃) 分别为 0.018 和 0.009 d^{-1} 。他们得出的叶绿素 a 的降解速度比本研究的结果要低。

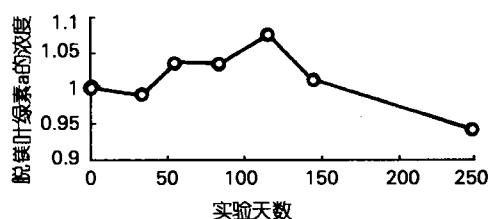


图 4 脱镁叶绿素 a -20℃ 黑暗条件下浓度的变化
图中脱镁叶绿素 a 的浓度是相对于初始值的比值

Fig. 4 Phaeophorbide a degradation at -20℃ in dark

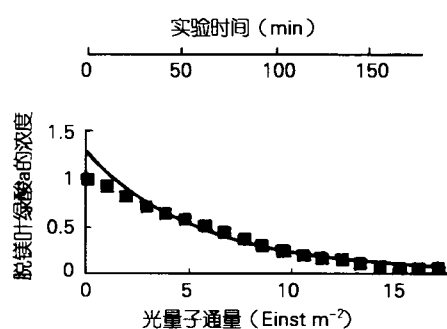


图5 脱镁叶绿酸 a 在正午日光 ($1\,600\ \mu\text{Einst m}^{-2}\text{ s}^{-1}$) 下浓度的变化

图中脱镁叶绿酸 a 的浓度是相对于初始值的比值

Fig. 5 Phaeophorbide a degradation at $15\ ^\circ\text{C}$ under sunlight ($1\,600\ \mu\text{Einst m}^{-2}\text{ s}^{-1}$)

SooHoo 和 Kiefer 在 1982 年和 Welschmeyer 和 Lorenzen 在 1985 年分别测量了脱镁叶绿酸 a 的光降解速

度, 他们得出的 r 值分别为 0.037 和 $0.061\ \text{m}^2\text{Einst}^{-1}$ (平均值), 比本次研究的结果 $0.166\ \text{m}^2\text{Einst}^{-1}$ 要低很多。原因可能有两个: (1) 材料不同, 这两篇文章实验用的是海水提取物中脱镁叶绿酸 a; (2) 测光仪器不同, SooHoo 等用的是 4Pi Biospherical Instruments sensor, Welschmeyer 等则是用 Flat-plate quantum sensor (Li-Cor 195)。

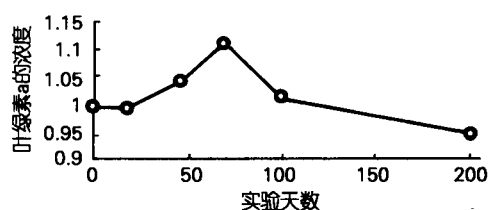


图6 叶绿素 a - $20\ ^\circ\text{C}$ 黑暗条件下浓度的变化

图中叶绿素 a 浓度为相对于初始值的浓度

Fig. 6 Chlorophyll a degradation at $-20\ ^\circ\text{C}$ in the dark

EFFECT OF LIGHT AND TEMPERATURE ON THE DEGRADATION OF CHLOROPHYLLA AND PHAEOPHORBIDEA

ZHANG Wu-chang WANG Rong

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

Received: Mar., 26, 1999

Key Words: Chlorophyll a, Phaeophorbide, Degradation

Abstract

Chlorophyll a and phaeophorbide a degradation rate under different light condition and temperature were studied. At $15\ ^\circ\text{C}$, Chlorophyll a degradation rate under light and without light were in average $1.13\ \text{m}^2\text{Einst}^{-1}$ and $0.03\ \text{d}^{-1}$ respectively. Phaeophorbide a degradation rate under light was in average $0.15\ \text{m}^2\text{Einst}^{-1}$. At $-20\ ^\circ\text{C}$, chlorophyll a and phaeophorbide a did not degrade obviously. The product of chlorophyll a and phaeophorbide a degradation was no-fluorescence material.

(本文编辑:张培新)