

姜红霞,倪雪,胡宝云,等. 黄海海域漂浮浒苔的生理特性[J]. 江苏农业科学,2015,43(2):355-357.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.02.115

黄海海域漂浮浒苔的生理特性

姜红霞,倪雪,胡宝云,夏青,盛楠,张涛,朱建一

(常熟理工学院生物与食品工程学院,江苏常熟 215500)

摘要:研究温度、盐度、光强等重要环境因子对黄海海域漂浮浒苔 PS II 活性(有效光化学效率 $\Delta F/F_m'$, Yield; 最大光化学效率 F_v/F_m)和光合放氧速率的影响。对藻体的光合生理活性而言,20~30℃是最适范围,25℃下 PS II 活性和光合放氧速率都较平稳;在高温(35℃)下培养时,漂浮浒苔很敏感,不能正常生长。当盐度为 0 时,藻体的 PS II 活性和光合放氧速率均大幅下降,转入正常盐度 3‰ 后,藻体的 PS II 活性都有所回升;大多数样品对本试验的高盐度(4‰)都有较好的耐受性。在试验光强范围内,漂浮浒苔 PS II 活性在 400 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 下的降幅较大,而 160 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 下的活性较强且较平稳;光合放氧速率表现出随培养光强增大而增大的趋势。

关键词:漂浮浒苔;光合活性;温度;盐度;光强

中图分类号: Q945.79 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)02-0355-03

2008 年以来,我国黄海海域的漂浮浒苔大规模暴发,严重破坏了我国黄海近海海洋生态环境,已引起国内外高度关注,并一时成为研究热点^[1-3]。从浒苔发生、发展的季节和区域分布可以看出,环境因素对海面漂浮浒苔的景观有重要影响。对 2008 年青岛海区漂浮浒苔的相关研究结果显示,在 5~25℃、光强 10~40 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 条件下,藻体生长速率随温度升高而增大。其中,在 15~25℃下,生长速率随光强增大而增大;但在低温(5、10℃)条件下,不同光强间的生长速率差异不显著。有人认为,在试验范围内,温度对漂浮浒苔的生长影响更明显^[1]。浒苔的广泛分布与其很好的盐度适应性密切相关,有研究表明,盐度从 3‰ 降为 0.5‰ 不会显著改变浒苔的光合作用速率^[4];肠浒苔从自然盐度海水(3.5‰)转入 3 倍盐度的海水后,其光合放氧速率在 2 min 后降低 60%,但之后又开始逐渐恢复,48 h 后光合活性完全恢复,而且藻体内起渗透调节作用的有机溶质也同时显著增多,表明肠浒苔对高盐环境具有较强的自我调节能力^[5]。以上

研究尚未设置胁迫条件,无法探讨其生理阈值。因此,本试验对江苏省沿海主要漂浮浒苔的生理特性展开研究,分析重要环境因子对其光合生理参数及生长的影响作用,为建立黄海绿潮藻早期预警技术提供基础数据资料。

1 材料与方法

1.1 材料

浒苔样品由国家海洋局海洋公益性行业科研专项组成员出海采集后带回实验室,分别于 2012 年 5 月采自南通海区、2012 年 7 月采自连云港海区、2013 年 5 月采自南通海区,在实验室进行挑选分离。

1.2 试验方法

挑取单枝藻体 0.15~0.20 g,于 60 mL 的消毒海水中培养。温度试验设置 7 个梯度:5、10、15、20、25、30、35℃,盐度 3‰;盐度试验通过加入不同量 NaCl 来调节盐度,设置 5 个梯度:0、1‰、2‰、3‰、4‰,温度为 20℃,均培养于光强 80 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 的光照培养箱(MLR-351,日本)内。光强试验在低温强光照射培养箱(SII 300,美国)内进行,设置 4 个梯度:40、80、160、400 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,盐度 3‰,温度 20℃。所有试验的光周期都为 12 L/12 D,每种处理设置 3 个重复,每天更换培养液。

PS II 活性的测定:每天中午用便携式叶绿素荧光仪(PAM-Water,德国)测定光适应样品 PS II 的有效光化学效

收稿日期:2014-03-17

基金项目:国家海洋公益性行业科研专项(编号:201205010);江苏省高校青蓝工程资助项目(编号:苏教师[2010]27号)。

作者简介:姜红霞(1977—),女,湖北武汉人,博士,副教授,主要从事藻类生理生态学研究。E-mail: hxjiang10@163.com。

通信作者:朱建一,教授,主要从事海藻生物学研究。E-mail: xupu666@163.com。

[17]徐祖信.我国河流单因子水质标识指数评价方法研究[J].同济大学学报:自然科学版,2005,33(3):321-325.

[18]孙伟光,邢佳,马云,等.单因子水质标识指数评价方法在某流域水质评价中的应用[J].环境科学与管理,2010,35(11):181-184.

[19]徐祖信.我国河流综合水质标识指数评价方法研究[J].同济大学学报:自然科学版,2005,33(4):482-488.

[20]李义禄,张玉虎,贾海峰,等.苏州古城区水体污染时空分异特征及污染源解析[J].环境科学学报,2014,34(4):1032-1044.

[21]徐华山,徐宗学,唐芳芳,等.漳卫南运河流域水质时空变化特征及其污染源识别[J].环境科学,2012,33(2):359-369.

[22]谌伟,李小平,孙从军,等.低强度曝气技术修复河道黑臭水体的可行性研究[J].中国给水排水,2009,25(1):57-59.

[23]Xing G, Cao Y, Shi S, et al. N pollution sources and denitrification in waterbodies in Taihu Lake region[J]. Science in China: Series B, 2001, 44(3):304-314.

[24]Zhou F, Huang G H, Guo H C, et al. Spatio-temporal patterns and source apportionment of coastal water pollution in eastern Hong Kong[J]. Water Research, 2007, 41(15):3429-3439.

率($\Delta F/F_m'$, Yield)^[6],暗适应 20 min 以上再测定其最大光化学效率(F_v/F_m)。温度和盐度试验连续若干天后,待样品的 Yield 下降至 0.1 左右,再将前者转入 20 °C、后者转入盐度 3‰ 的海水(接近自然海水)中进行恢复培养并跟踪测定 PS II 活性。

光合放氧速率:用溶氧测定仪(YSI 5300A,美国)进行测定,温度、光强、反应槽内海水盐度与待测藻体培养时的条件保持一致。

1.3 数据分析

试验数据用“平均值 ± 标准差”(n = 3 ~ 6)表示,处理间的数据结果用方差分析(ANOVA)进行差异显著性检验,以 $\alpha = 0.05$ 为差异显著水平。

2 结果与分析

2.1 环境因子对藻体 PS II 活性的影响

2.1.1 温度对藻体 PS II 活性的影响 由图 1-a 可知,温度对漂浮浒苔藻体的生理影响较大,在 20 ~ 30 °C 温度的培养期间,藻体 Yield 保持了相对较稳定且较高的水平,特别是 25 °C 下,藻体 Yield 始终能维持在初始水平而没有降低;其余温度下,藻体 Yield 都在培养后 1 d 就显著降低了,之后稍有波动,或稍有回升或继续降低,其中在 35 °C 下时,培养后 4 d 大幅降低,但培养后 5 d 并没有进一步降低,之后藻体转入 20 °C 进行恢复培养(图 1 中的阴影部分),回升到其他温度下的水平。藻体的 F_v/F_m 变化趋势大体与 Yield 相似(图 1-b),也以 25 °C 下总体水平相对较高;35 °C 下持续降低,后期也能恢复。

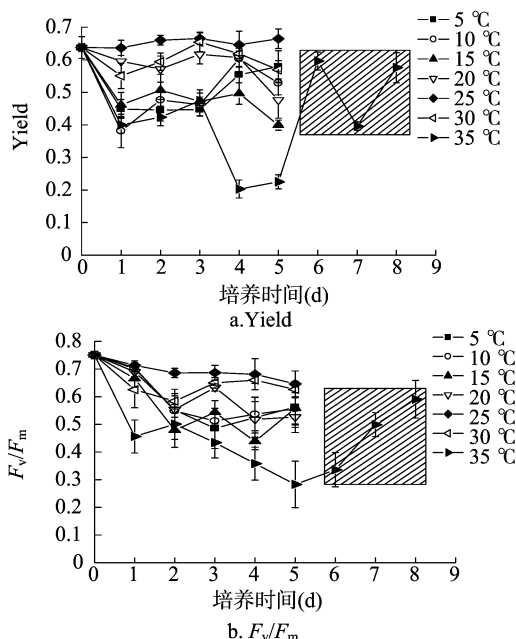


图1 培养时间对不同温度下藻体 Yield、 F_v/F_m 的影响 (2012年5月, 南通)

2.1.2 盐度对藻体 PS II 活性的影响 当盐度为 0 时,藻体的 PS II 活性均大幅减弱,藻体的 Yield 在培养后 1 d 就显著降低了,仅为初始值的 35%,之后有所波动,但没有进一步降低(图 2), F_v/F_m 与 Yield 的变化趋势相似。之后用 2013 年 5

月采集的藻体补充了盐度 0 胁迫后的恢复试验,发现 PS II 活性在降低至 0.1 左右后(培养后 8 d),再转入盐度 3‰ 下培养 2 ~ 3 d,藻体的 Yield 和 F_v/F_m 分别回升到初始值的 80% 和 71%。

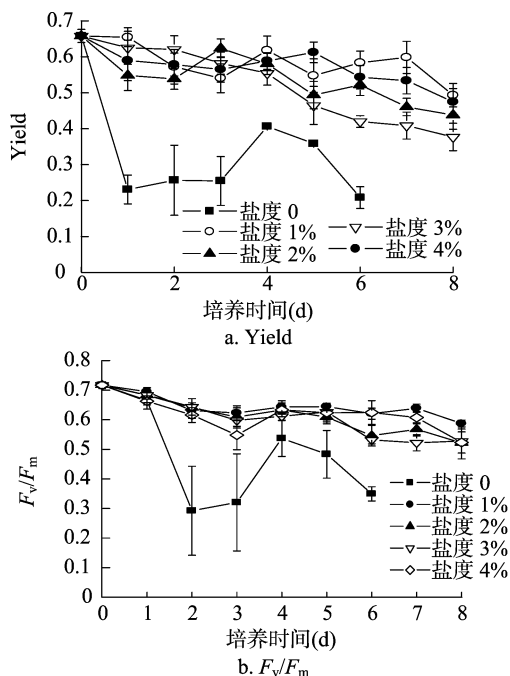


图2 培养时间对不同盐度下藻体产量的影响 (2012年7月, 连云港)

2.1.3 光强对藻体 PS II 活性的影响 光强试验结果(图 3)显示,藻体的 Yield 值均在培养后 1 d 显著降低了,之后稍有波动;其中以光强为 400 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 的处理下降幅较大,培养后 1 d 就比其他光强处理低 22% ~ 29%,但随后差距减小,在培养后 5 d 时只比其他光强处理低 7% ~ 16%。藻体

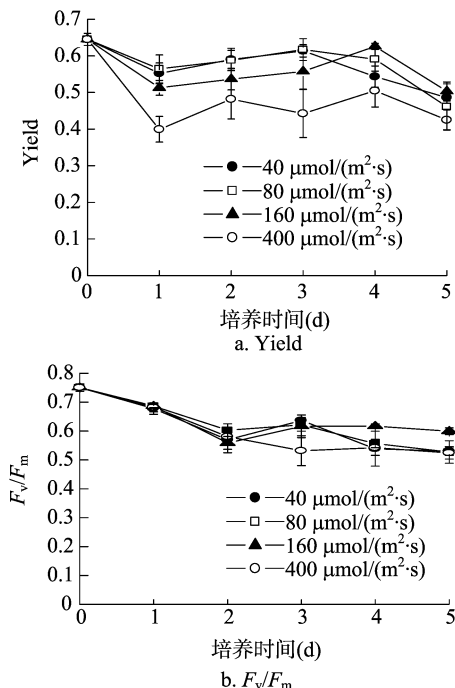


图3 不同光强下藻体产量随时间的变化(2012年5月, 南通)

F_v/F_m 的变化大体相似,在光强为 $400 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时显著降低,光强为 $160 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 的 F_v/F_m 的值明显较高且较为平稳。

2.2 环境因子对藻体光合放氧速率的影响

培养后 2 d,在盐度为 0 的条件下藻体的光合放氧速率显著低于其他盐度条件,降低了 59% ~ 64%,其他盐度间差异不显著(图 4-a);培养后 8 d,在盐度为 0 的条件下藻体的光合放氧速率甚至降为负值。由图 4-b 可知,随光强的增大,

藻体的光合放氧速率增大;培养后 3 d,光强为 $40 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 处理的光合放氧速率比其他光强处理低 38% ~ 63%,光强为 $80 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 处理的光合放氧速率比其他较高光强处理低 28% ~ 40%。温度试验结果(图 4-c)显示,培养后 2 d,35 °C 下的藻体几乎全变白;培养后 8 d,大多数温度下藻体的光合放氧速率都较初始值有所降低,仅 25 °C 下较平稳,且比其他温度下的高 49% ~ 80%。

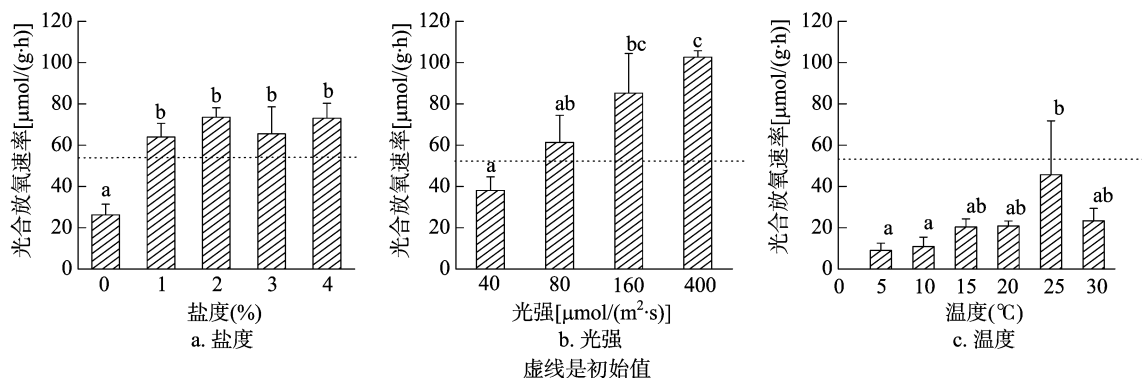


图4 不同盐度、光强、温度对藻体光合放氧速率的影响(2013年5月,南通)

3 结论与讨论

本试验结果显示,对于漂浮浒苔的光合生理活性而言,20 ~ 30 °C 较合适,尤其以 25 °C 最理想;藻体采集期间(5—7月),当江苏沿海面温度为 15 ~ 25 °C 时,正好处于浒苔适宜生长的温度范围内^[7-8];笔者在实际调查中也发现,6月漂浮浒苔生长旺盛,此时水温为 20 ~ 25 °C。藻体对高温(35 °C)很敏感,培养后 2 d 时已几乎全变白,不能正常生长,PS II 活性持续减弱,后期转入 20 °C 虽然也能恢复到其他温度下的活性水平,但藻体颜色没有恢复,与之前姜红霞等对江苏海域沿岸漂浮浒苔的研究报道^[9]也是一致的。还有研究发现,水温达 25 °C 以上时,藻体活性减弱^[3],逐渐沉降从而慢慢消失。室内研究结果表明,浒苔对盐度有很好的适应性^[7-8],本研究显示在 1% ~ 4% 的盐度范围内,漂浮藻体光合活性都能保持较高水平,尽管采集地海水盐度只有 2.8% ~ 3.3%;姜红霞等也发现,漂浮浒苔对高盐度(6%)有较好的耐受性^[9]。高盐胁迫下,肠浒苔内显著增多的蔗糖和脯氨酸起到了高渗调节作用^[5]。但漂浮浒苔对低盐胁迫(0)则很敏感;报道也显示,浒苔在盐度为 0 的条件下失去了健康的绿色,活性大幅减弱,不能生长,甚至很快死亡^[7-10]。本试验中漂浮浒苔在盐度 0 下只是短期胁迫,因此盐度恢复后其 PS II 活性也都能很快回升。

本试验结果还显示,漂浮藻体 PS II 活性以 $160 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 下较高且较为平稳;张晓红报道,浒苔对光强有广泛的适应性,其中 $120 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 最适合其孢子萌发生长^[11]。对于漂浮于海面的浒苔而言,本试验光强范围并没有超过当地晴天中午时的海面光强,而且光合放氧速率的测定是在 5 ~ 8 min 内完成的,所以光合放氧速率随培养光强增大而增大是可以理解的。

参考文献:

[1] Fu G, Yao J, Liu F, et al. Effect of temperature and irradiance on the

growth and reproduction of *Enteromorpha prolifera* J Ag (Chlorophyta, Chlorophyceae) [J]. Chinese J Oceanol Limnol, 2008, 26(4): 357-362.

[2] Liu D Y, Keesing J K, Xing Q, et al. World's largest macroalgal bloom caused by expansion of seaweed aquaculture in China [J]. Marine Pollution Bulletin, 2009, 58(6): 888-895.

[3] Lin A, Wang C, Qiao H, et al. Study on the photosynthetic performances of *Enteromorpha prolifera* collected from the surface and bottom of the sea of Qingdao sea area [J]. Chinese Sci Bull, 2009, 54: 399-404.

[4] Pregnall A M. Release of dissolved organic carbon from the estuarine intertidal macroalga *Enteromorpha prolifera* [J]. Mar Biol, 1983, 73: 37-42.

[5] Edwards D M, Reed R H, Chudek J A, et al. Organic solute accumulation in osmotically-stressed *Enteromorpha intestinalis* [J]. Mar Biol, 1987, 95: 583-592.

[6] Genty B, Briantais J M, Baker N R. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence [J]. Biochimica et Biophysica Acta: General Subjects, 1989, 990(1): 87-92.

[7] 吴洪喜,徐爱光,吴美宁. 浒苔实验生态的初步研究 [J]. 浙江海洋学院学报:自然科学版, 2000, 19(3): 230-234.

[8] 王建伟,阎斌伦,林阿朋,等. 浒苔(*Enteromorpha prolifera*)生长及孢子释放的生态因子研究 [J]. 海洋通报, 2007, 26(2): 60-65.

[9] 姜红霞,王云霞,许璞. 江苏海域沿岸不同居群浒苔生长特性比较 [J]. 江苏农业科学, 2012, 40(6): 315-317.

[10] Edwards D M, Reed R H, Stewart W D P. Osmoacclimation in *Enteromorpha intestinalis*: long-term effects of osmotic stress on organic solute accumulation [J]. Mar Biol, 1988, 98: 467-476.

[11] 张晓红. 温度、盐度等环境因子对浒苔(*Enteromorpha prolifera*)及繁殖体生长的影响 [D]. 青岛:国家海洋局第一海洋研究所, 2011.