

温度和光照对条斑紫菜壳孢子苗 生长和单孢子形成放散的影响

EFFECTS OF TEMPERATURE AND LIGHT ON THE GROWTH AND MONOSPORE RELEASE OF *PORPHYRA YEZOENSIS* CONCHOSPORELINGS

汤晓荣 费修纭

(中国科学院海洋研究所, 青岛 266071)

TANG Xiao-Rong, FEI Xiu-Geng

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

关键词 条斑紫菜, 壳孢子苗, 生长, 单孢子

KEYWORDS *Porphyra yezoensis*, Conchosporeling Growth, Monospore

紫菜(*Porphyra*)是重要的经济海藻。目前,紫菜作为食品年产值已达 1.8 亿美元[Radmer 1996]。条斑紫菜(*P. yezoensis*)是重要的栽培种类,苗源主要是壳孢子苗。用于栽培的紫菜网帘上,由壳孢子形成的幼苗实际数量很少,其放散单孢子形成的单孢子苗数量众多,是紫菜幼苗的主要组成部分。但是藻类学家对单孢子的形成放散以及单孢子苗的生物学特性等问题的认识还很模糊,本文目的是为进一步阐明这一问题提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 材料

条斑紫菜丝状体品系来源于中国科学院实验海洋生物学开放研究实验室种质种苗组。由丝状体获得壳孢子的方法参照中国科学院海洋研究所藻类实验生态组、藻类分类形态组[1978]。

1.2 方法

接种时,向每个培养皿均匀加入 20 mL 的壳孢子悬液,接种密度 5~8 个/mm²。壳孢子附着后分别放入每个培养条件培养。培养条件是光强 8、24 和 45 μmol photon m⁻²·s⁻¹;温度实验:10、15、20 和 25℃,光周期 12L:12D;光周期实验:8L:16D、12L:12D、16L:8D、20:4D 和 24L:0D,温度 18℃。定期检查幼苗的生长和单孢子放散情况,主要是幼苗的细胞数、列数和长度、长宽比或幼苗 2 列时的细胞排数以及单孢子的放散时间及放散量。

2 结果

2.1 壳孢子苗在不同温度和光强下的生长

壳孢子萌发后,最初形成的细胞成直线排列,长到一定数目的细胞后,就要发生横向分裂。适宜生长条件

下的幼苗生长速度快, 最早发生横向分裂; 而不同条件下发生横向分裂时的细胞排数不同, 这为成苗时的形态差别奠定了基础。

由表1可以看出: 20℃组幼苗2列时的时间稍早于其它组, 其次是15℃和25℃组, 说明20℃是幼苗生长较适宜的温度; 每个温度的高光组幼苗2列的时间都比较低光组早; 随着温度的升高, 幼苗2列时的细胞排数增大, 形态变得细长。

表1 不同光强和温度下壳孢子苗2列时的细胞排数及培养天数(12L:12D)

Tab. 1 Number of cell rows and culture days of 2-lined conchosporelings under different light intensities and temperatures (12L:12D)

温度(°C)	10		15		20		25	
光强($\mu\text{mol photon m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	45	24	45	24	45	24	45	24
2列时细胞排数	5	5~7	5~7	4~12	7~13	6~11	10~33	18~35
培养天数	8	10	7	10	6	11	7	10

由表2也可以看出, 在29天的培养期内随着温度的升高, 幼苗的长宽比增大, 而光强与幼苗形态的关系则不明显。另外, 低光组($8\mu\text{mol photon m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)培养的幼苗直到实验结束也未出现2列苗, 说明这一光强已经不能满足壳孢子苗正常生长发育的需要。

表2 壳孢子苗的长宽比与温度和光强的关系

Tab. 2 Relationship between length-to-width ratio of conchosporelings and temperatures and light intensities

温度(°C)	10	15	20	25
光强 $45\mu\text{mol photon m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	1	5	>5	>10
光强 $24\mu\text{mol photon m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	1~2	2~5	3~5	>5

统计由20℃降温到15℃的壳孢子苗的长度表明, 降温可促进壳孢子幼苗的生长。降温后8天统计, 幼苗的长度 [$(0.76\pm 0.19)\text{mm}$, $n=18$] 比对照组 [$(0.55\pm 0.14)\text{mm}$, $n=14$] 增加了38%。

培养4天时, 不同光周期的2列细胞的幼苗百分数如图1。由图1可以看出, 光照时间12h组的大苗比例最高, 其次为8h组。也就是说, 8~12h的光照适宜于条斑紫菜壳孢子幼苗的生长。

2.2 温度和光照对壳孢子苗形成和放散单孢子的影响

由表3可知: 10~20℃的范围内, 壳孢子苗都能放散单孢子; 温度越高, 越有利于单孢子的形成和放散。从放散量来看, 15~20℃是单孢子放散的适宜温度范围。

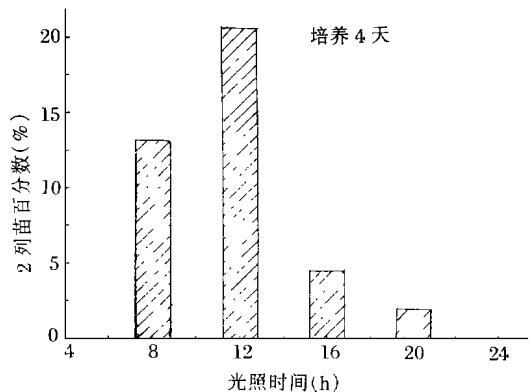


图1 不同光周期下的2列幼苗百分数

Fig. 1 Percentage of 2-lined sporlings at different photoperiods

表 3 不同温度和光强的壳孢子苗放散单孢子时的培养天数

Table 3 Culture days of conchosporelings releasing monospores at different light intensities and temperatures

温度(°C)	10	15	20
45 $\mu\text{mol photon m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	55	33	23
24 $\mu\text{mol photon m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	—	42	31

注: 未列出的光强组没有单孢子放散

将 20°C 下大量放散单孢子的壳孢子苗分成两份, 分别在原条件(12L:12D、20°C、45 $\mu\text{mol photon m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 和 15°C、12L:12D、45 $\mu\text{mol photon m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)下培养, 4 天后, 15°C 的壳孢子苗大量放散单孢子, 与对照组(18%, n=95)相比, 放散单孢子的壳孢子苗百分比(47%, n=164)增加了 29%。

结果说明在单孢子放散的适宜条件下(15~20°C), 降温可以在一定程度上促进单孢子的形成和放散。降温后壳孢子苗大量放散单孢子的时间持续了 10 天以上, 单孢子的放散不局限于藻体的某个部位, 放单孢子的藻体面积达 0.5 mm×0.5 mm, 有的藻体几乎要放散殆尽。随后, 将降温后大量放散过单孢子的壳孢子苗一部分移到 10°C 同一光强层培养, 壳孢子苗不再大量放散单孢子, 留在 15°C 的另一部分壳孢子苗仍在大量放散单孢子。

由表 4 可知, 壳孢子苗在 8~24 h 的光周期下都能放散单孢子。不同光周期下, 放散单孢子的壳孢子苗百分数差异不明显, 说明单孢子的形成和放散受光周期的影响不明显。

表 4 不同光周期下放单孢子的壳孢子苗百分数(9 天)

Tab. 4 Percentage of conchosporelings shedding monospores at different photoperiods (9 days)

光周期(L:D)	8:16	12:12	16:8	20:4	24:0
放单孢子的幼苗百分数	65.9	81.0	61.9	87.7	90.5
壳孢子苗统计数	60	63	32	20	17

由表 5 可知, 随着光周期的增加, 壳孢子苗的长度在增加, 全日照的壳孢子苗最长, 但形态扭曲; 除了 8 h 组外, 其它组的壳孢子苗都有单孢子放散。由此可知, 8 h 光周期不利于单孢子的持续形成。

表 5 不同光周期下壳孢子苗的长度(×0.25 mm)及放单孢子情况(26 天)

Tab. 5 Length of conchosporelings (×0.25 mm) and their monospore release (26 days)

光周期(L:D)	8:16	12:12	16:8	20:4	24:0
长度	3.52±1.48	6.03±2.51	9.01±4.10	12.47±5.33	14.84±8.74
放单孢子	—	+	+	+	+
统计数	60	63	32	20	17

3 讨论

3.1 温度和光照对幼苗早期生长的影响

条纹紫菜壳孢子萌发后细胞分裂速度以 20°C 最快, 100 个细胞以下的藻体随温度的升高生长加快, 生长适温可高到 18~20°C。藻体越大, 温度上限越低[中国科学院海洋研究所藻类实验生态组、藻类分类形态组 1978], 本研究中降温会促进壳孢子苗的生长也证明了这一点。Hannach 和 Waaland[1989] 认为 *P. abbottae* 的壳孢子苗的生长不受温度影响, 说明温度对紫菜壳孢子苗生长的影响因种而异。

P. abbotiae 壳孢子苗的生物节律按其内源节律进行[Oohusa 1980]。本文作者认为条斑紫菜适应于自然条件形成的内源节律不可能适于全日照, 所以, 尽管全日照下的紫菜长度最大, 但表现一定程度的畸形。

3.2 温度和光照对单孢子形成和放散的影响

紫菜单孢子是由营养细胞经过一定的质变转变来的[曾呈奎和张德瑞 1954], 但单孢子的形成过程及其生物学特性至今尚未弄清楚。由本文的结果可知, 条斑紫菜单孢子的形成温度和光照条件很宽, 可以推断, 条斑紫菜生活的大部分时间内都有单孢子放散, 单孢子的存在对条斑紫菜种群构成有重要贡献。所以, 研究单孢子的生物学对弄清其在生活史中的地位并在生产中加以利用都有重要意义。

条斑紫菜单孢子的放散需高于 12.5℃ 的温度, 5~17.5℃ 内, 15~17.5℃ 放散最早[中国科学院海洋研究所藻类实验生态组、藻类分类形态组 1978], 说明较高温度会促进单孢子的放散, 与本研究的结果一致。本研究中 10℃ 下还有单孢子放散, 与前人的研究相比, 扩展了单孢子放散的温度范围。

李世英 1989] 认为低于 1500 lx (约 30 μmol photon m⁻²·s⁻¹) 没有单孢子放散。而本研究的结果表明, 只要培养时间足够长, 24 μmol photon m⁻²·s⁻¹ (约 1200 lx) 即有单孢子放散, 也就是说, 壳孢子幼苗在正常生长的条件下都能放散单孢子。

有关单孢子形成放散与光周期关系的工作很少, 李世英 1989] 认为 6~12 h 的光照时间内, 6 h, 9 h 有利于叶状体形成和放散单孢子, 12 h 没有单孢子放散。本研究在 8~24 h 的光照时间内都得到了大量的单孢子, 说明单孢子的形成和放散对光照时间并没有特别的要求。

从本文的结果得知, 条斑紫菜单孢子的形成和放散对温度、光强和光周期并没有特别的要求, 因此, 单孢子在栽培生产中对幼苗的补充起着很大的作用。有研究者证明单孢子苗比壳孢子苗更有生长优势[李世英 1980], 提出将单孢子作为一种独立的苗源用于栽培生产上[李世英 1989], 但一直未能在生产上大规模应用, 其中一个很重要的原因是对单孢子的生物学特性了解还不够, 本文旨在为这一目标的早日实现提供一些科学资料。

本文为中国科学院海洋研究所研究报告第 3286 号, 实验海洋生物学开放研究实验室研究报告第 132 号。本研究得到国家重点科技攻关计划 96-C01-05-01 和中国科学院实验海洋生物学开放研究实验室(EMBL) 的经费资助, 特此致谢。

参 考 文 献

- 中国科学院海洋研究所藻类实验生态组、藻类分类形态组. 1978. 条斑紫菜的人工养殖. 北京: 科学出版社. 45~54.
- 李世英. 1980. 条斑紫菜单孢子和壳孢子幼苗生长发育的初步观察. 海洋与湖沼, 11(4): 370~373.
- 李世英. 1989. 条斑紫菜单孢子及其幼苗的生态特性与应用研究. 海洋科学集刊, 30: 81~92.
- 李世英, 崔广法. 1980. 条斑紫菜单孢子和壳孢子幼苗生长发育的初步观察. 海洋与湖沼, 11(4): 370~373.
- 曾呈奎, 张德瑞. 1954. 紫菜的研究 I. 甘紫菜的生活史. 植物学报, 3(3): 287~302.
- Hannach G, Waaland J R. 1989. Growth and morphology of young gametophytes of *Porphyra abbotiae* (Rhodophyta): effects of environmental factors in culture. J Phycol, 25: 247~254.
- Oohusa T. 1980. Diurnal rhythm in the rates of cell division, growth and photosynthesis of *Porphyra yezoensis* (Rhodophyceae) cultured in the laboratory. Bot Mar, 23: 1~5.
- Radmer R J. 1996. Algal diversity and commercial algal products. Bio Sci, 46(4): 263~270.