

光温对紫菜丝状体生长发育的影响*

EFFECTS OF LIGHT AND TEMPERATURE ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF *Porphyra conchocelis*

汤晓荣 费修绶

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

* 紫菜的丝状体阶段比叶状体阶段更容易培养和保存, 为了加深对丝状体阶段的认识, 在相当长的一段时间内, 对紫菜的研究热点集中在丝状体阶段, 其中大量的工作涉及丝状体不同阶段对光温条件的需求上。

1 光对紫菜丝状体生长发育的影响

由于植物生活的地域环境和季节不同, 导致了植物受光量的不同, 植物对这种环境的长期适应结果使其对不同光强、光周期和光质产生不同的生理反应。所以, 植物的生长发育与所处环境的光因子的变化密切相关。紫菜是一种潮间带藻类, 其丝状体阶段却生活在潮下带; 紫菜在全世界的分布很广, 不同种类生活的地理区域(如纬度、水深等)差别很大, 所以, 研究光因子对不同种的生长发育的影响对了解种的生物学特性及对其有目的的利用有重要意义。

1.1 光周期对紫菜丝状体生长发育的影响

光周期往往与紫菜生长的季节直接相关, 而季节又与纬度有密切联系。Hehre(1993)的研究表明, 紫菜的生活地区从热带地区(如 *Porphyra vietnamensis*)到寒带地区(如 *P. amplissima*), 几乎跨整个纬度范围, 紫菜的分布地域如此之广, 故不同种类适应于不同纬度和不同季节的光周期范围不同。

在培养甘紫菜(*Porphyra tenera*)自由丝状体并完成生活史的过程中, 发现光周期对丝状体的发育进程影响很大, 短日照下, 丝状体可以正常产生壳孢子, 形成叶状体; 而长日照下, 丝状体的发育途径跟自然条件下不同, 产生的孢子有的长成叶状体, 有的长成丝状体; 在 8~16 h 的光照范围内, 丝状藻丝的生长量与光照时间成正比, 但孢子的形成却被长于 12 h 的光照所抑制。光周期对 *P. miniata* 壳孢子的形成和放散都有影响; 短于 12 h 的光照时间尽管对甘紫菜丝状体发育影响不明显, 但为壳孢子放散所必需。*P. linearis* 丝状体壳孢子的形成和放散与光周期关系密切, 为利用光周期调控丝状体的发育提出了实验证据。*P.*

rosengurtii 丝状体壳孢子的形成和放散过程与光周期关系密切, 而光周期对 *P. angusta* 壳孢子的形成没有影响; *P. torta* 丝状体壳孢子的成熟与放散都受光周期影响, 短、中、长日照下均能形成壳孢子, 但只有在短日照下壳孢子才能放散; *P. spiralis* var. *amplifolia* 的壳孢子只能在不长于 12 h 的光照下形成与放散; 短日照是 *P. leucosticta* 壳孢子成熟与放散的必需条件。Notoya(1993)证明 14 h 的光照时间同时适合 4 种紫菜 *P. lacerata*, *P. suborbiculata*, *P. dentata* 和 *P. tenuipedalis* 丝状体阶段的生长; 而同样的光周期下, *P. columbina* 的丝状体却形成了壳孢子囊^[8]。

总之, 光周期对紫菜丝状体的影响已成为研究紫菜生活史循环的必要和基本方面^[9], 是紫菜长期适应生长地域自然环境形成的内源节律。

1.2 光强对紫菜丝状体生长发育的影响

由于紫菜丝状体的自然生长地的光强变化很大, 如背阴或向阳, 生长水层深浅, 以及每日的光强都是在时刻变化着的, 所以, 紫菜丝状体对光强变化的适应能力较强, 与光周期相比, 光强对丝状体生长发育的影响较小, 主要通过对光合作用效率的影响而对生长发育起作用。

高光强是 *Porphyra suborbiculata* form *a latifolia* 壳孢子放散必需的条件; 但光强并不是影响生长发育的主导因素; 光强对 *P. torta* 营养藻丝的生长发育有影响。对条斑紫菜(*P. yezoensis*)丝状体的研究表明, 丝状体能适应的光强范围非常宽, 约 10~200 $\mu\text{mol}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$; 过高的光强会促进光呼吸, 并对光合作用产生抑制^[12]。研究表明, 较高光强对坛紫菜(*P. haitanensis*)丝状体的生长和壳孢子囊的形成都有促进作用, 光强低于一定值 5 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时, 丝状体的生长和发育都受到抑制^[2]。由于丝状体生长发育对光强的要求并不严格, 所以, 这方面的研究并非热点。

* 国家攀登计划 B 资助项目(PD-B6-4);
中国科学院海洋研究所调查研究报告第 3239 号;
实验海洋生物学开放研究实验室研究报告 168 号。
收稿日期: 1997-09-19

1.3 光质对紫菜丝状体生长发育的影响

光质是影响紫菜丝状体生长发育的又一重要因素。由于丝状体的生活环境中光受海水的滤过作用,所以,不同透明度、不同深度的海水的光组成会有差别。Rentschler用不同波长的光对甘紫菜(*Porphyra tenera*)丝状体进行暗期打断,发现 674 nm 和 446 nm 的光影响较大,729 nm,553 nm 和 431 nm 的光影响较小。通过红光和远红光实验,他认为光敏色素参与光周期控制。Zhang^[12],证明 *P. yezoensis* 丝状体的不同品系对不同光质(白,蓝,绿,红)的补偿点和饱和点不同,光利用效率也有差异。而不同丝状体品系对同一种光的反应也不相同。这些结果说明了不同光质对不同紫菜种或品系的丝状体生长发育的作用有差别。

对丝状体生长发育与光质的关系的研究很少。较大量的研究集中在光质对紫菜叶状体光合作用系统的影响方面^[3,5,7,11,12]。近年来,由于紫菜丝状体容易培养,操作简便,在紫菜的各种研究和栽培生产中的地位越来越重要,随着对丝状体的生理生化和分子生物学研究越来越深入,要求对丝状体生长发育与光质关系方面的研究更深入和加强。

2 温度对紫菜丝状体生长发育的影响

温度是影响紫菜丝状体生长发育的重要环境因子,向来为研究者所重视。在紫菜的自然分布区,温度的变化与季节直接相关,不同地域的紫菜种,适应于不同地区季节和温度的变化的特性也有差别,所以,不同种、不同生长发育过程要求的温度范围亦因种而异。

对温度与丝状体生长发育的研究从紫菜的生活史一完成就开始了。研究者发现温度对 *Porphyra miniata* 壳孢子的形成和放散有影响;降温是 *P. suborbiculata*, *P. abbotiae* 和 *P. perforata* 壳孢子放散的必要条件之一。*P. linearis* 的壳孢子形成和放散与温度密切相关;*P. spiralis* var. *amplifolia* 的壳孢子放散受温度制约;而 *P. leucosticta* 壳孢子的成熟与放散不需降温。

对温度的研究从一开始就与生活史的研究紧密相连。近年来,由于新种的不断出现和对生活史研究的不断深入,对温度与丝状体生长发育的研究仍是生活史研究不可缺少的一个方面^[9]。Notoya(1993)研究表明,*Porphyra tanegashimensis* 丝状体适宜的生长温度为 25℃,壳孢子囊形成温度为 25~30℃,并在 20~22℃ 成熟放散壳孢子;*P. vietnamensis* 丝状体适

宜的生长水温是 16~29℃,壳孢子囊的形成温度为 27~29℃;*P. lacerata*, *P. dentata*, *P. tenuipedalis* 丝状体适宜的生长温度是 20~25℃;*P. lacerata* 形成壳孢子的适宜温度为 25~27.5℃;*P. suborbiculata* 丝状体适宜的生长温度是 15~25℃,壳孢子囊的形成温度是 20~25℃^[10];*P. columbina* 丝状体适宜的生长水温是 15℃^[8]。

总之,不管是光还是温度,对紫菜丝状体生长发育的作用是共同的,紫菜是自养型植物,任何条件下都离不开光合作用,而相关的生理过程与温度也是密切相关的。所以,光温是影响紫菜丝状体生长发育的两个主要环境因子,它们的作用往往是同时的,不可分割的。以上研究表明光温对紫菜丝状体生长发育的影响因种而异,甚至同一种的不同品系间也有差异,为丝状体的人工培养和保存以及用光温手段调控丝状体的生长发育提供了可能性依据。

3 光温与丝状体生长发育关系的应用

利用光温与丝状体生长发育的关系,用丝状体进行品系保存,作为向生产导入良种的苗源。以往的研究表明,丝状藻丝营养生长对光温条件有一定的要求,在室内给予一定的光温条件,使丝状藻丝处在缓慢营养生长的状态,可在室内长期保存丝状体品系。近年来,这一应用是紫菜品系保存的主要方式,是将优良品系导入栽培生产的有效途径,以实现良种化,创造经济效益和社会效益。现在,世界各国的紫菜生产育苗都离不开贝壳,曾有少数研究表明,自由丝状体接种贝壳的育苗效果不如果孢子好。后来的研究表明,只要培养措施适当,用自由丝状体接种贝壳也可以得到良好的育苗结果^[4]。

利用光温调控贝壳丝状体的生长发育进程,为紫菜栽培生产提供苗源。对丝状体的生产应用研究主要集中在条斑紫菜(*Porphyra yezoensis*)贝壳丝状体的发育与光温条件的关系上。利用温度对条斑紫菜贝壳丝状体生长发育的影响,找出了丝状体不同发育阶段的适宜温度范围,指出壳孢子形成与放散是两个连续而短暂的过程,而且指出 25℃ 既抑制壳孢子形成,又抑制壳孢子放散,提出利用温度控制丝状体生长发育进程;利用光强对条斑紫菜贝壳丝状体不同发育阶段的影响,通过调节培养光强来控制丝状体生长发育的进程。

根据不同发育阶段所需的光温条件,对经过选育的丝状体品系进行发育调控,可获得所需发育阶段的

丝状体材料,满足基础研究和生产应用的需要。目前,作者所在的研究小组已经在实验室内对多个紫菜种的丝状体的生长发育条件做了研究,包括条斑紫菜(*Porphyra yezoensis*)和坛紫菜(*P. haitanensis*)^[2],并对丝状体的发育过程进行了调控。这些成果正被应用到对丝状体不同发育阶段的研究工作中。(1)根据发育所需的光温条件,在室内调控丝状体的发育,获得大量的壳孢子直接用于生产上采网帘。目前,生产上都是采用贝壳丝状体作为苗源。培养贝壳丝状体是费时费力的劳动,培养期长(5个月),而且培养措施不当容易发生病害。为了解决这一问题,近年来,对自由丝状体的研究较多,对条斑紫菜(*P. yezoensis*)和坛紫菜(*P. haitanensis*)自由丝状体的生长发育与光温条件的关系也有报道,这些研究都为丝状体不经贝壳阶段直接成苗奠定了基础。陈国宜用坛紫菜自由丝状体直接采苗100亩获得成功,但丝状体培养时间与贝壳丝状体一样长甚至更长(从3月~9月),距实际生产应用还有距离。孙爱淑和曾呈奎^[1]证明了条斑紫菜悬浮培养膨大藻丝(即孢子囊枝)可以直接成苗并有可能用于生产。研究证明,利用光温条件调控丝状体的发育,短时间内可获得大量的发育一致的孢子囊枝,在完善采苗技术的前提下,将会降低生产成本,提高采苗效率,保证适时地获得大量的优质种苗,减少采苗风险。(2)近年来,对丝状体的研究正由宏观阶段向细胞和分子水平发展。研究的深入对研究材料的要求更高。利用光温条件调控丝状体的发育获得不同发育阶段的研究材料,可以保证研究结果的可靠性。尽管如此,

由于丝状体品系的选育还处在较低水平,需要对品系的纯度和稳定性做进一步的研究,对光温调控不同紫菜种类丝状体发育的具体条件的研究还需扩展;对丝状体的潜在应用价值(如作为饵料的可能和在改善海洋环境中的作用)尚需进一步开发。

参考文献

- 1 孙爱淑、曾呈奎. 海洋与湖沼, 1996, **27**(6): 667~ 669
- 2 汤晓荣、费修绠. 海洋与湖沼, 1997, **28**(5): 474~ 482
- 3 Aguilera, J. et al. . *Eur. J. Phycol.*, 1997, **32**: 417~ 424
- 4 Fei, X. G. et al. . Asia-Pacific Phycological Forum, Program and Abstracts, 1993, 36~ 37
- 5 Figueroa, L. F. . *Sci. Mar.* 1996, **60**(Suppl.1): 163~ 170
- 6 Figueroa, F. L. et al. . *Biosciences*, 1994, **49**(9~ 10): 593~ 600
- 7 Figueroa, F. L. et al. . *Eur. J. Phycol.* 1995, **30**(1): 11~ 18
- 8 Frazer, A. W. J. and Brown, M. T. . *Phycol. Res.* 1995, **43**(4): 249~ 253
- 9 Gargiulo, G. M. et al. . *Jap. J. Phycol.* 1994, **42**(3): 271~ 280
- 10 Matsuo, M. et al. . *UMI-MER*, 1994, **32**(1): 57~ 63
- 11 Salles, S. et al. . *Sci. Mar.*, 1996, **60**(Suppl.1): 29~ 38
- 12 Zhang, X. et al. . *Phycol. Res.*, 1997, **45**(1): 29~ 37