

光质对裙带菜配子体发育的影响

张 栩¹, 李大鹏², 谭天伟¹

(1. 北京化工大学 生命科学与技术学院, 北京市生物加工过程重点实验室, 北京 100029; 2. 中国科学院 海洋研究所, 山东 青岛 266071)

摘要:通过比较白光、蓝光和红光对裙带菜(*Undaria pinnatifida*)配子体发育为幼孢子体的影响,发现蓝光对配子体发育有促进作用;在光量子通量密度为 $40 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 的蓝光照射下,配子体在第 10 天基本全部形成卵囊或幼孢子体时,红光下配子体的发育率只有大约 50%;蓝光辐射的能量主要是集中在波长 $400 \sim 500 \text{ nm}$ (63%),当该范围的光量子数超过 $800 \mu\text{mol}/\text{cm}^2$ 时,发育率达到了 100%。

关键词: 裙带菜(*Undaria pinnatifida*);配子体;发育;光质

中图分类号: Q949.288.405 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3096(2006)10-0044-04

裙带菜无性繁殖系育苗技术建立以后,通过温度、光照强度和日光照时数对裙带菜生长和发育影响的研究^[1],表明裙带菜无性繁殖系的配子体能在人工环境下生长和发育,但仍保留与自然环境相适应的生长节奏。光质是人工环境与自然环境之间差别很大的一个环境因子,特别是蓝光的促进作用和红光的抑制作用。L üning^[2,3]研究了光质对 3 种在自然条件下形成的海带(*Laminaria sp.*)配子体发育的影响,发现蓝光促进了配子体的发育,而红光则起抑制作用。

对于一直在人工环境下进行营养生长的裙带菜配子体,光质对其发育的影响有待研究,这可能是解决实际育苗过程中环境条件控制不妥所引起问题的一个关键^[4]。作者以白光为参照,研究蓝光和红光对裙带菜配子体发育,以及幼孢子体光合色素合成和光合作用特性的影响。

1 材料与方法

1.1 裙带菜配子体的培养

裙带菜(*Undaria pinnatifida*)雌、雄配子体由中国科学院海洋研究所提供。培养基为加富消毒海水^[1]。培养过程参照文献^[5]。

1.2 裙带菜配子体的发育

配子体发育过程在一暗室中进行,温度自动控制在 17 ± 0.5 ,实验所用烧杯平行放置在支架上,分别由荧光灯提供红光、蓝光和白光,相互之间用不透光纸板隔开,以保证光线互不干扰。荧光灯安装

在烧杯上方,光线均匀照射在配子体附着的载玻片上,通过改变荧光灯与烧杯之间的垂直距离,使配子体发育过程分别在光量子通量密度 $20, 40$ 和 $60 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 下进行,强度测定点在烧杯底部,光周期为 12 D 12 L。

每 2~3 d,取出载玻片在显微镜下镜检,每个样品随机检查 50 个雌配子体,计算其中已发育形成卵囊或幼孢子体的细胞数所占的比例,作为发育速度指标,最后换新鲜培养基。每种条件做 3 个平行样品。

2 结果和讨论

2.1 光质对裙带菜雌配子体发育率的影响

在 12 天裙带菜配子体发育过程中,当光量子通量密度分别为 $20, 40$ 和 $60 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时,比较不同光质的影响(图 1)。首先,光质的不同影响了配子体的发育速度。蓝光下,配子体形成卵囊或幼孢子体的速度最快,其次是白光,红光最差。第 3 天,当配子体在蓝光下开始发育时,在红光下的配子体则进行营养生长;当在光量子通量密度为 $40 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 蓝光照射下,配子体在第 10 天基本全部形成卵囊或幼孢子体时,红光下配子体的发育率只有大约 50%。

收稿日期:2005-04-06;修回日期:2005-10-10

基金项目:北京生物加工过程重点实验室开放项目(SYS100100421)

作者简介:张栩(1972-),副教授,博士,研究方向为生物技术, E-mail: zhangxu@mail.buct.edu.cn

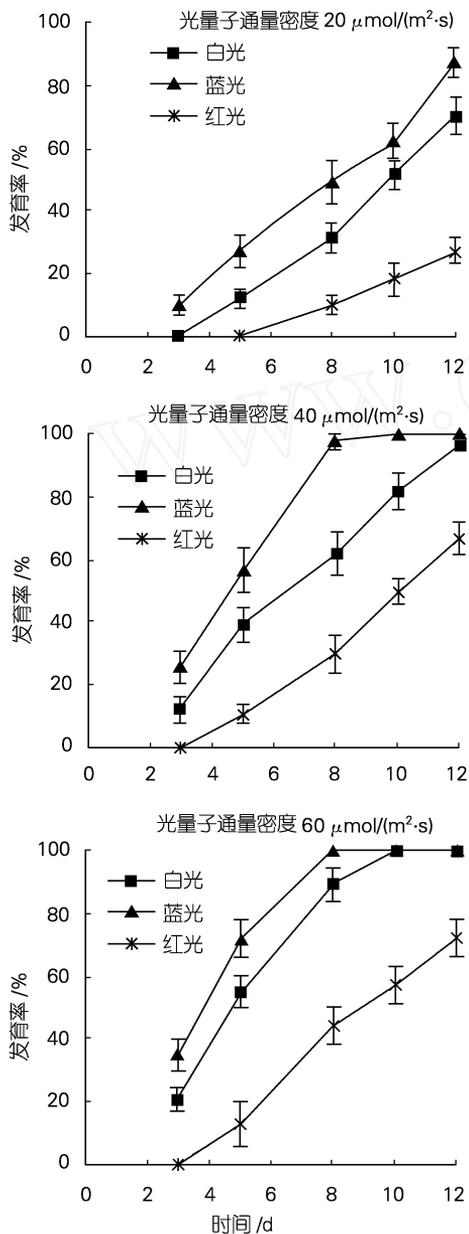


图1 光质对裙带菜雌配子体发育率的影响

Fig.1 Effect of light quality on fertility of female gametophytes of *Undaria pinnatifida*

同样,光量子通量密度的大小也影响配子体的发育速度,不论是蓝光还是白光,随着光量子通量密度的增加,配子体的发育率也相应增加。当光量子通量密度为 $20 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时,在第12天蓝光下配子体没有全部开始发育,发育率为87%,而红光下只有27%;当光量子通量密度升高到 $60 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$

时,第12天蓝光和白光下配子体的发育率都为100%,红光下则达到了72%。

2.2 裙带菜雌配子体的发育率与光量子数之间的关系

虽然在不同光质下配子体的发育速度有快慢之分,但最终所有健康的配子体都能发育为幼孢子体,这说明本文所用的白光、蓝光和红光有共性。根据它们的辐射光谱,计算它们在 $400 \sim 700 \text{ nm}$ 范围内,每 100 nm 辐射能所占的比例(表1)。白光辐射的能量分布比较均匀,特别是在 $400 \sim 500 \text{ nm}$ 和 $500 \sim 600 \text{ nm}$ 的比例分别为38%和43%,而蓝光集中在 $400 \sim 500 \text{ nm}$ (63%),红光集中在 $600 \sim 700 \text{ nm}$ (69%)。L üning^[2,3]认为当照射光的辐射能波长都 $> 512 \text{ nm}$ 时, *Laminaria sp.* 配子体不能发育,对发育起作用的是 $400 \sim 512 \text{ nm}$ 的辐射能。这说明当照射光的光量子通量密度相等时, $400 \sim 500 \text{ nm}$ 的辐射能越多,裙带菜配子体的发育能力可能越强。蓝光、白光和红光在 $400 \sim 500 \text{ nm}$ 的辐射能所占比例分别为63%、38%和12%,与在配子体发育过程中所起的作用相对应,发育速率顺序亦相同,红光的比例最小,但其最终仍能使配子体发育。

表1 白光、蓝光和红光辐射能的分布

Tab.1 The distributions of irradiance of white light, blue light and red light

光质	辐射能的分布比例(%)		
	400 ~ 500 nm	500 ~ 600 nm	600 ~ 700 nm
白光	38	43	17
蓝光	63	19	6
红光	12	13	69

由此可见,在裙带菜配子体发育过程中,决定发育速度的可能是照射光在 $400 \sim 500 \text{ nm}$ 的辐射能,即光量子数。为了定量表述这一相互关系,计算了配子体发育期间的不同时间、不同光量子通量密度的白、蓝和红光所提供的 $400 \sim 500 \text{ nm}$ 光量子数,结果见表2。红光与蓝光相比,所提供的 $400 \sim 500 \text{ nm}$ 光量子数差别很大,且随着时间增长差距增大,比如光量子通量密度为 $60 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时,蓝光在第3天, $400 \sim 500 \text{ nm}$ 光量子数为 $489.9 \mu\text{mol}/\text{cm}^2$,而红

光在第 3 天为 $93.4 \mu\text{mol}/\text{cm}^2$,即使到了第 12 天才增加到 $373.4 \mu\text{mol}/\text{cm}^2$,而此时蓝光为 $1\ 959.6 \mu\text{mol}/\text{cm}^2$ 。所以,红光下配子体发育速度大大慢于蓝光,时间越长差距越大(图 1)。

表 2 由不同光子通量密度的白光、蓝光和红光提供的 400 ~ 500 nm 光子数

Tab. 2 Quantum doses of 400 ~ 500 nm obtained in three light qualities (white, blue and red) at different photon flux densities (20, 40 and 60 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$)

光质	400 ~ 500 nm 光子数比例 (%)	光子通量密度 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	400 ~ 500 nm 光子通量密度 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	400 ~ 500 nm 光子数 ($\mu\text{mol}/\text{cm}^2$)				
				3 d	5 d	8 d	10 d	12 d
蓝光	63	20	12.6	163.3	272.2	435.5	544.3	653.2
		40	25.2	326.6	544.3	870.9	1 088.6	1 306.4
		60	37.8	489.9	816.5	1 306.4	1 632.9	1 959.6
白光	38	20	7.6	98.5	164.2	262.7	328.3	394.1
		40	15.2	197.0	328.3	525.3	656.6	787.9
		60	22.8	295.5	492.5	788.0	984.9	1 182.0
红光	12	20	2.4	31.1	51.9	83.0	103.7	124.6
		40	4.8	62.2	103.7	165.9	207.4	248.9
		60	7.2	93.4	155.6	249.0	311.1	373.4

为了更好说明 400 ~ 500 nm 光子数与配子体发育之间的关系,结合图 1 与表 2 的数据作图 2。由图中可以看出裙带菜配子体所吸收的 400 ~ 500 nm 光子数将在一定程度上决定其发育率的高低;当光子数超过 $800 \mu\text{mol}/\text{cm}^2$ 时,发育率达到了 100%。同时,红光与蓝光之间在这方面存在一定差别,红光提供的 400 ~ 500 nm 光子数似乎比蓝光更为有效;红光的光子数超过 $200 \mu\text{mol}/\text{cm}^2$ 时,发育率就达到了 50%,而蓝光的光子数要接近 $500 \mu\text{mol}/\text{cm}^2$ 。出现这种现象的原因在于配子体发育所用时间也在一定程度上决定了发育率的高低。例如光子通量密度在 $40 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时,红光在第 10 天 400 ~ 500 nm 光子数为 $207.4 \mu\text{mol}/\text{cm}^2$,发育率是 50%;蓝光在第 3 天光子数就达到了 $326.6 \mu\text{mol}/\text{cm}^2$,而此时发育率只有 26%。这说明配子体的发育是一个过程,要花费一段时间,在这期间包括一些活性诱导物质的释放^[21]。同时,配子体的发育不是同步进行的,与时间几乎呈线性关系(图 1),其机制还有待进一步深入研究。

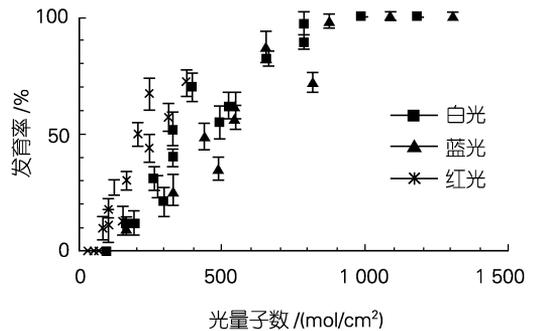


图 2 裙带菜雌配子体的发育率与 400 ~ 500 nm 光子数之间的关系

Fig. 2 Relationship between fertility of female gametophytes of *Undaria pinnatifida* and quantum dose (400 ~ 500 nm)

3 结论

通过比较白光、蓝光和红光对裙带菜配子体发育为幼孢子体的影响,发现裙带菜在配子体向孢子体发育的过程中可能存在蓝光效应,即蓝光可以促进配子体的发育。与白光和红光相比,蓝光辐射的能量主要分布在 400 ~ 500 nm 光子数,而正是该波段的光子数决定了配子体发育率的高低。当该范围的光子数超过 $800 \mu\text{mol}/\text{cm}^2$ 时,发育率达到了 100%。

参考文献:

- [1] Pang S J, Wu C Y. Study on gametophyte vegetative growth of *Undaria pinnatifida* and its applications [J]. *Chin J Oceanol Limnol*, 1996, **14**(3):205-211.
- [2] Lüning K, Dring M J. Reproducing, growth and photosynthesis of gametophytes of *Laminaria saccharina* growth in blue and red light [J]. *Mar Biol*, 1975, **29**(1): 195-200.
- [3] Lüning K. Critical levels of light and temperature regulating the gametogenesis of three *Laminaria* species (Phaeophyceae) [J]. *J Phycol*, 1980, **16**(1): 1-15.
- [4] 逢少军,胡晓燕,栾珠先,等. 山东地区裙带菜人工养殖业的有关问题(I) [J]. 海洋科学,1998, **22**(4):38-41.
- [5] 张栩,李大鹏,施定基,等. 裙带菜配子体和幼孢子体的光合作用特性[J]. 海洋科学,2004, **28**(11):20-27.

Effects of light quality on reproduction of gametophytes of *Undaria pinnatifida*

ZHANG Xu¹, LI Da-peng², TAN Tiar-wei¹

(1. Department of Biochemical Engineering, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China; 2. Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China)

Received: Apr., 6, 2005

Key words: *Undaria pinnatifida*; gametophytes; reproduction; light quality

Abstract: In this paper, male and female gametophytes of *Undaria pinnatifida* were mixed together from sporophytes under white, blue and red light. Under $40 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ blue light, all gametophytes of *U. pinnatifida* became fertile after 10 days cultivation. However, in red light treatment, approximately 50% of gametophytes began to fertilize. The percentage of quanta provided in the 400 to 500 nm region by blue light used in this work was about 63%. The fertility of gametophytes was determined by quantum doses in 400 ~ 500 nm. The fertility was 100% as soon as quantum doses exceeded $800 \mu\text{mol}/\text{cm}^2$.

(本文编辑:张培新)