

条斑紫菜(*Porphyra yezoensis*)选育品系壳孢子的放散量与耐高温性研究*

付春辉 严兴洪^① 黄林彬 李 琳

(上海海洋大学水产与生命学院 上海 201306)

摘要 模拟生产培育条件,对条斑紫菜选育品系(*T-17*)和野生型品系(*WT*)的贝壳丝状体在不同温度下的壳孢子放散量及壳孢子萌发体的生长发育进行了研究。结果表明,在 18、23、24 和 25℃ 下,连续放散 16d 的平均每壳的壳孢子量, *T-17* 分别为 8.6×10^6 、 3.4×10^6 、 5.4×10^5 和 0 个, *WT* 分别为 8.0×10^6 、 2.8×10^6 、 4.9×10^5 和 0 个,两个品系之间无显著差异;18℃ 组的壳孢子萌发和生长均正常。将 23℃ 下放散的壳孢子分别在三种高温条件下(23℃、24℃ 下培养 3d 再转入 25℃、25℃)培养 16d,壳孢子成活率, *T-17* 分别为 84.6%、59.7% 和 45.5%,而 *WT* 分别为 33.0%、20.9% 和 17.1%,差异极显著。在三种高温条件下, *WT* 的壳孢子萌发体均出现了畸形和烂苗,而 *T-17* 的壳孢子萌发体,23℃ 组发育正常,其余二组的发育也不正常,出现畸形。上述结果说明, *T-17* 品系不仅具有与 *WT* 一样的壳孢子放散量,而且壳孢子和萌发体的耐高温能力均比 *WT* 强,有望在生产上得到应用。

关键词 条斑紫菜,耐高温性,贝壳丝状体,放散量,壳孢子,成活率

中图分类号 Q789

近年来,由于全球气候温暖化的加剧,紫菜养殖海区经常出现壳孢子采苗后水温突然回升现象,导致幼苗大规模溃烂、脱苗,严重影响条斑紫菜养殖业的正常进行。为了减少高温引起的条斑紫菜烂苗和脱网等灾害的影响,同时也为了扩大条斑紫菜在我国南方沿海的养殖范围,选育条斑紫菜耐高温新品种显得十分迫切。

紫菜良种是保证紫菜产业可持续性发展的重要基础之一。通过人工诱变获得的大量条斑紫菜色素突变体,是良种选育的好材料(Migita *et al*, 1983; Yan *et al*, 1997, 2000, 2004; Wang *et al*, 2000; 严兴洪等, 2009; 许璞等, 2003),本实验室利用人工诱变已经筛选出数个优质、高产、耐高温的优良品系。本文选用其中的一个选育品系(*T-17*),在实验室内通过模拟生产性的培育条件,对 *T-17* 品系在不同温度下的壳孢

子放散及壳孢子的萌发情况进行了初步研究,旨在探索该品系的壳孢子放散量是否能够达到生产要求,以及它的壳孢子能否在高于传统养殖品系的适宜温度下萌发与生长。

1 材料与方法

1.1 实验材料

本文使用的条斑紫菜(*Porphyra yezoensis*)野生型品系(*WT*, LS-001)是由从江苏吕泗海区养殖网帘上采回的一棵条斑紫菜叶状体放散的一个果孢子萌发而来,以自由丝状体的形式被保存在实验室内。耐高温品系 *T-17* 是由 *WT* 品系的叶状体经 ^{60}Co - γ 射线辐射诱变后经过反复筛选获得的(张秉磊, 2009)¹⁾。*T-17* 品系的自由丝状体纯系的分离和保存的方法同于 *WT* 品系,培养条件同文献 Kato 等(1984)。培养液由自然海

* 国家高技术研究发展计划(863 计划)资助项目, 2006AA10A413 号;国家自然科学基金资助项目, 30571443 号;上海市科委重点项目, 10391901100 号;上海市教委重点学科建设项目, J50701 号;农业部公益性专项, 200903030-C 号。付春辉, E-mail: chfu628@163.com

^① 通讯作者: 严兴洪, 博士, 教授, 博士生导师, E-mail: xhyan@shou.edu.cn

收稿日期: 2010-04-26, 收修改稿日期: 2010-07-05

水加 MES 培养基(王素娟等, 1986)配成。

1.2 条斑紫菜贝壳丝状体的培养

取一定量的 *T-17* 和 *WT* 品系的自由丝状体, 分别用小型粉碎机打碎, 均匀移植到文蛤壳(壳长约 4cm)的内表面, 移植量为每平方米贝壳接种 100 mg 鲜重的自由丝状体。培养条件: 暗光培养 3d 后, 光照密度调整为 $40\text{--}50\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$; 光周期为 10L : 14D; 温度 18°C 。移植 10d 后清洗贝壳表面多余的自由丝状体, 以后每 7d 洗一次贝壳。培养 30d 左右, 等丝状体长满贝壳时, 将培养条件调整为: 光照密度 $30\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$; 光周期 10L : 14D; 培养温度按照每天 1°C 逐渐升至 27°C ; 培养液调整为自然海水添加 N 和 P 营养盐(N : P = 1 : 10)。再培育 20—30d, 贝壳丝状体由营养藻丝转化为膨大藻丝, 用于促熟放散壳孢子。

1.3 *T-17* 和 *WT* 品系的壳孢子放散比较实验

每个品系各取 4 个贝壳, 分别置于 4 个各含 50ml 培养液的烧杯(250ml)中, 在 18°C 、 23°C 、 24°C 下充气培养以促进壳孢子的形成与放散。每个贝壳的丝状体在一天内放出的壳孢子量称为壳孢子的日放散量, 生产上日放散量达到千级, 即每壳每天放散壳孢子在 1000 以上、10000 以下时, 作为贝壳丝状体即将出现更高数量级放散的先兆(中国科学院海洋研究所藻类实验室生态组等, 1978)。在本实验中, 自开始充气日起, 每天检查壳孢子的放散情况, 当日放散量达千级时, 每天将各温度组放散的壳孢子分别收集到培养皿内(直径 9cm), 静置 24h 后, 在每个培养皿内随机取 30 个视野($10\times$)计数壳孢子数量, 取其平均值, 最终换算出每个品系每天单个贝壳的壳孢子放散量,

连续计数 16d, 获得平均一个贝壳的丝状体所放散的壳孢子总量。每个温度组设三个平行组。

1.4 *T-17* 和 *WT* 品系壳孢子及壳孢子萌发体的耐高温性比较

分别将 *T-17* 和 *WT* 品系在 23°C 下第 5 天放散的壳孢子平均分成 3 份, 分别置于标记为品系名加 I、II、III 的 3 个培养皿中, 壳孢子密度为 20—40 个/视野($10\times$)。培养条件: 光照密度 $50\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ (10L : 14D)。静置 24h 后作如下处理: 两个 I 号培养皿的壳孢子继续在 23°C 培养; 两个 II 号培养皿的壳孢子在 24°C 过渡培养 3d 后移入 25°C 培养; 两个 III 号培养皿的壳孢子直接移入 25°C 培养。对照组为 18°C 放散并在 18°C 培养的两个品系的壳孢子, 培养条件同上。每 7d 更换一次培养液, 每 3d 统计一次壳孢子的成活率和分裂率。每个处理设三个平行组。

2 结果

2.1 *T-17* 和 *WT* 品系在高温下的壳孢子放散情况

在观察计数的 16d, 18°C 、 23°C 和 24°C 三组的壳孢子均连续放散, 两个品系的壳孢子放散曲线均出现了两个高峰(图 1)。第一个放散高峰出现在第 3—6d 之间, 第二个放散高峰出现在第 11—14d 之间。 18°C 组中, *T-17* 和 *WT* 品系的每个贝壳平均日放散量的最大值均为 1.1×10^6 , 且均出现在第二个放散高峰范围内。 23°C 下 *T-17* 和 *WT* 品系的每个贝壳平均日放散量的最大值分别是 5.5×10^5 和 4.3×10^5 , 也均出现在第二个放散高峰范围内。在 18°C 和 23°C 下, 两个品系均在充气培养贝壳丝状体的第 3 天出现千级放散量, 而在 24°C

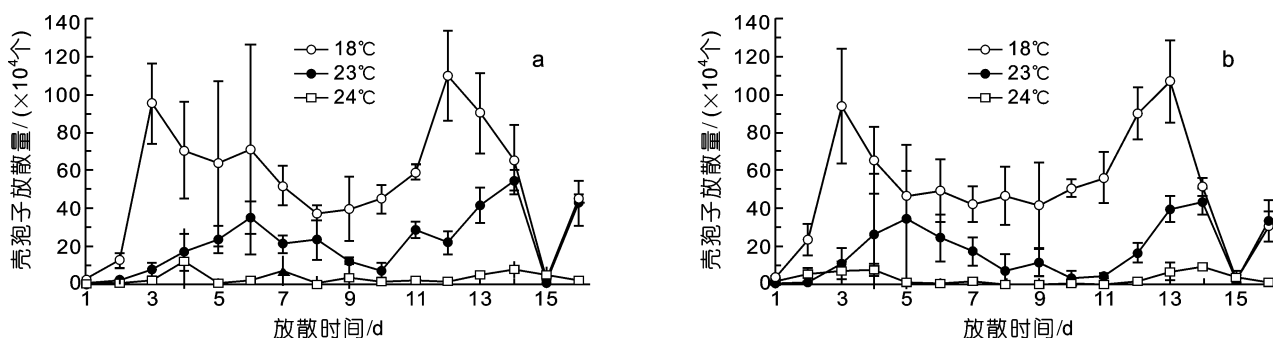


图 1 条斑紫菜 *T-17* 和 *WT* 品系在 18°C 、 23°C 和 24°C 下连续 16d 内的日放散情况

Fig.1 Daily quantities of conchospores released from *T-17* and *WT* at 18°C , 23°C , 24°C over a 16-day period

a. *T-17* 品系在 16d 内的日放散情况; b. *WT* 品系在 16d 内的日放散情况

下, 两个品系的贝壳丝状体在开始充气培养的前 10d 皆未出现千级放散量, 此时给予贝壳丝状体一个适当强度的刺激(如清洗贝壳表面), 发现第 11 天时壳孢子出现千级放散量, 此后连续 16d 内, *T-17* 和 *WT* 品系每个贝壳平均日放散量的最大值分别是 1.2×10^5 、 9.5×10^4 。

如图 2 所示, 在 18、23、24℃ 下, *T-17* 品系平均每个贝壳连续 16d 的壳孢子总放散量分别为 8.6×10^6 、 3.4×10^6 、 5.4×10^5 ; 而 *WT* 品系分别为 8.0×10^6 、 2.8×10^6 、 4.9×10^5 。两品系在 25℃ 下均无壳孢子放散。在相同的温度条件下, *T-17* 和 *WT* 两个品系平均每个贝壳连续 16d 的壳孢子总放散量不存在显著差异(*t* 检验, $P > 0.05$)。 *T-17* 和 *WT* 两品系的贝壳丝状体在 18℃ 组平均每个贝壳连续 16d 的壳孢子总放散量分别约是 23℃ 组的 2.5 和 2.9 倍; 24℃ 组的 15.9 和 16.5 倍。

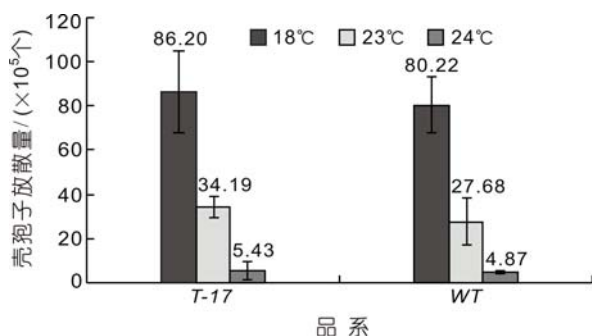


图 2 条斑紫菜 *T-17* 和 *WT* 品系的贝壳丝状体在 18、23、24℃ 下, 平均每个贝壳连续 16d 内的壳孢子放散总量
Fig.2 The total numbers of conchospores released from *T-17* and *WT* at 18, 23, 24℃ over 16 days

2.2 高温下放散的壳孢子在高温下的萌发及生长情况

2.2.1 *T-17* 和 *WT* 品系的壳孢子的分裂和萌发情况
壳孢子放散后培养至第 4 天, 对照组中(18℃ 放散, 18℃ 培养)的 *T-17* 和 *WT* 品系的壳孢子成活率分别为 95.2% 和 90.5%, 存活壳孢子的分裂率分别为 93.1% 和 85.0% (表 1)。高温 1 组中(23℃ 放散, 23℃ 培养), *T-17* 和 *WT* 品系的壳孢子成活率分别为 88.9% 和 56.7%, 分裂率分别为 86.3% 和 56.7% (表 2)。高温 2 组中(23℃ 放散, 经 24℃ 过渡培养 3d 后移至 25℃ 培养) *T-17* 和 *WT* 品系的壳孢子成活率分别为 90.6% 和 54.9%, 分裂率分别为 81.8% 和 71.7% (表 3)。高温 3 组中(23℃ 放散后直接在 25℃ 培养) *T-17* 和 *WT* 品系的壳孢子成活率分别为 74.2% 和 47.1%, 分裂率分别为 84.7% 和 64.1% (表 4)。壳孢子放散后培养至第 16 天, 对照组中的 *T-17* 和 *WT* 品系的壳孢子成活率分别为 90.7% 和

82.8%, 存活壳孢子的分裂率为 100% 和 99.6% (表 1)。高温 1 组中, *T-17* 和 *WT* 品系的壳孢子成活率分别为 84.6% 和 33.0%, 分裂率分别为 100% 和 95.7% (表 2)。高温 2 组中, *T-17* 和 *WT* 品系的壳孢子成活率分别为 59.7% 和 20.9%, 分裂率均为 100% (表 3)。高温 3 组中 *T-17* 和 *WT* 品系的壳孢子成活率分别为 45.5% 和 17.1%, 分裂率均为 100% (表 4)。

表 1 在 18℃ 下放散和培养的 *T-17*、*WT* 品系的壳孢子成活率及分裂率(%)

Tab.1 Survival rates and division rates (%) of the conchospores of *T-17* and *WT* that were released and cultured at 18℃

培养天数(d)	成活率		分裂率	
	<i>T-17</i>	<i>WT</i>	<i>T-17</i>	<i>WT</i>
4	95.2±1.8	90.5±4.2	93.1±2.8*	85.0±1.6
7	93.9±1.4*	86.9±2.8	99.8±0.3**	97.5±0.6
10	92.7±1.3**	87.4±2.4	100*	99.4±0.3
13	91.5±1.5**	83.3±1.4	100	99.8±0.4
16	90.7±0.5**	82.8±2.2	100	99.6±0.3

*表示 *t* 检验差异显著($P < 0.05$), **表示 *t* 检验差异极显著($P < 0.01$)

表 2 在 23℃ 下放散和培养的 *T-17*、*WT* 品系的壳孢子成活率及分裂率(%)

Tab.2 Survival rates and division rates (%) of the conchospores of *T-17* and *WT* that were released and cultured at 23℃

培养天数(d)	成活率		分裂率	
	<i>T-17</i>	<i>WT</i>	<i>T-17</i>	<i>WT</i>
4	88.9±2.5**	56.7±2.3	86.3±1.1**	56.7±1.1
7	86.8±3.8**	53.2±1.0	98.7±0.7**	65.0±1.5
10	84.4±1.2**	46.9±4.8	100	90.2±6.6
13	84.8±2.1**	39.2±2.2	100**	92.3±0.7
16	84.6±1.7**	33.0±1.8	100**	95.7±1.0

*表示 *t* 检验差异显著($P < 0.05$), **表示 *t* 检验差异极显著($P < 0.01$)

表 3 在 23℃ 下放散后经 24℃ 过渡培养 3d 再在 25℃ 下培养的 *T-17*、*WT* 品系的壳孢子成活率及分裂率(%)

Tab.3 Survival rates and division rates (%) of the conchospores of *T-17* and *WT* that were released at 23℃ and cultured at 25℃ after an initial culture at 24℃ for 3 days

培养天数(d)	成活率		分裂率	
	<i>T-17</i>	<i>WT</i>	<i>T-17</i>	<i>WT</i>
4	90.6±1.7**	54.9±5.4	81.8±1.0*	71.7±4.9
7	73.8±2.4**	46.2±1.6	98.0±0.5**	92.0±1.7
10	66.3±3.6**	33.3±0.9	100	100
13	60.2±2.2**	26.3±3.0	100	100
16	59.7±1.0**	20.9±0.6	100	100

*表示 *t* 检验差异显著($P < 0.05$), **表示 *t* 检验差异极显著($P < 0.01$)

表 4 在 23℃放散、25℃培养的 *T-17*、*WT* 品系的壳孢子成活率及分裂率(%)

Tab.4 Survival rates and division rates (%) of the conchospores of *T-17* and *WT* that were released at 23℃ and cultured at 25℃

培养天数(d)	成活率		分裂率	
	<i>T-17</i>	<i>WT</i>	<i>T-17</i>	<i>WT</i>
4	74.2±1.9**	47.1±1.6	84.7±0.3**	64.1±4.5
7	67.1±5.5**	34.5±2.5	99.6±0.7**	81.1±1.8
10	59.0±2.0**	29.6±1.9	100	100
13	48.6±2.0**	22.8±4.5	100	100
16	45.5±1.6**	17.1±1.2	100	100

*表示 *t* 检验差异显著($P<0.05$), **表示 *t* 检验差异极显著($P<0.01$)

如图 3 所示, 培养至第 4 天, 对照组及三个高温组中的 *T-17* 品系分裂最快的壳孢子萌发体已具 9 个细胞, 且分裂至具 6 个细胞以上的壳孢子萌发体的数量分别占各组壳孢子萌发体总量的 19.6%、15.6%、30.6%和 24.8%; *WT* 品系分裂最快的壳孢子萌发体具 8 个细胞, 分裂至具 6 个细胞以上的壳孢子萌发体的数量分别只占各组壳孢子萌发体总量的 7.3%、10.9%、11.6%和 4.5%, 均明显低于同温度组的 *T-17* 品系。

培养至第 10 天时, 如图 4 所示, *T-17* 品系具 10 个细胞以上的壳孢子萌发体在 4 个温度组中的比例分别是 87.7%、87.5%、79.4%和 81.3%, 其中各组中

分裂最慢的壳孢子萌发体的细胞数分别是 3、6、4 和 3 个, 具 5 个细胞以下的壳孢子萌发体的数量分别占各组总量的 1.0%、0%、3.3%和 1.7%。 *WT* 品系具有 10 个以上细胞的壳孢子萌发体的比例分别是 74.9%、8.3%、6.4%和 4.7%, 分裂最慢的壳孢子萌发体所具细胞数分别是 1、1、3 和 3 个, 具 5 个细胞以下的壳孢子萌发体的数量分别占各组总量的 8.9%、33.7%、25.2%和 27.0%。 其中 *WT* 品系未分裂的壳孢子体积变大, 色素体颜色加深充满整个细胞, 或发生凝结、液泡变大。 *WT* 品系在三个高温条件下占比例最大的是具 4—8 个细胞的壳孢子萌发体, 约分别占各组总量的 54.2%、78.5%和 84.3%, 而 *T-17* 品系均有 79% 以上的壳孢子萌发体分裂至 10 个细胞以上。 可见, 在相同培养条件下, *WT* 的壳孢子萌发体的细胞分裂速度明显比 *T-17* 慢, 并且高温对 *WT* 品系的细胞分裂的抑制作用非常明显, 而对 *T-17* 品系的影响则较小。

2.2.2 *T-17* 和 *WT* 品系的壳孢子萌发体生长情况

在相同温度下培养 16d 的 *WT* 品系的壳孢子萌发体平均体长均明显短于 *T-17* 品系(图 5)。 对照组中的 *T-17* 和 *WT* 品系的壳孢子萌发体均能正常生长(图 5a、e)。 在高温 1 组中, *T-17* 品系的壳孢子萌发体(图 5b)发育正常, 而 *WT* 品系的壳孢子萌发体发育不正常, 苗体严重畸形、细胞排列不规则、生长缓慢且少量细

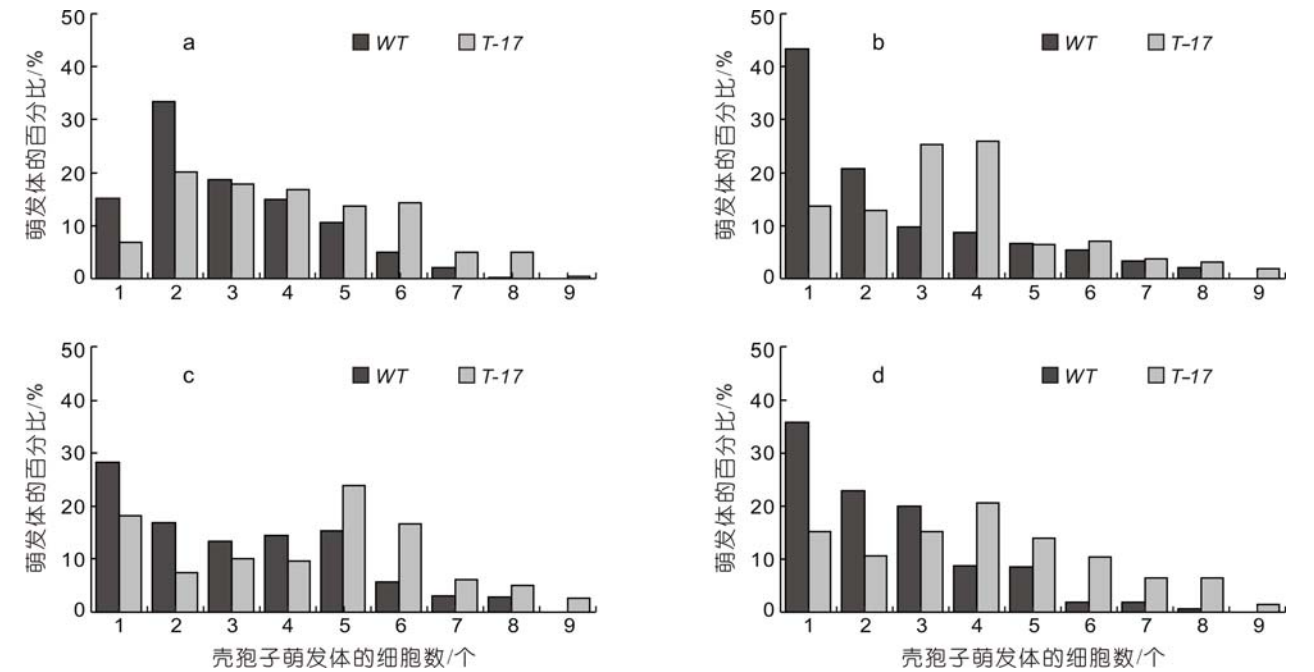


图 3 培养 4d 的 *T-17* 和 *WT* 品系的壳孢子萌发体的发育情况

Fig.3 Development of conchospore germlings of *T-17* and *WT* cultured for 4 days

a. 在 18℃下放散, 18℃下培养; b. 23℃下放散, 23℃下培养; c. 23℃下放散, 先在 24℃下培养 3d, 再在 25℃下培养; d. 23℃下放散后, 直接在 25℃下培养

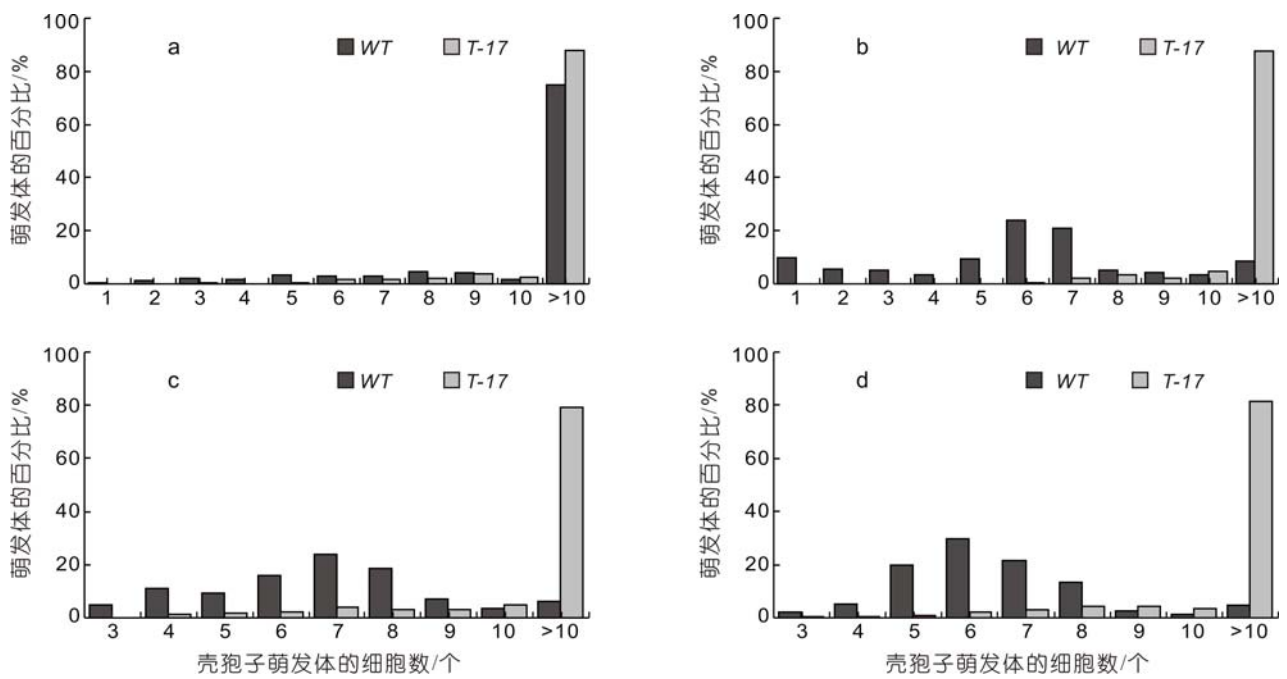


图 4 培养 10d 的 *T-17* 和 *WT* 品系的壳孢子萌发体的发育情况

Fig.4 Development of the conchospore germlings of *T-17* and *WT* cultured for 10 days

a. 在 18℃下放散, 18℃下培养; b. 23℃下放散, 23℃下培养; c. 23℃下放散, 先在 24℃下培养 3d, 再在 25℃下培养; d. 23℃下放散后, 直接在 25℃下培养



图 5 在 4 种不同条件下培养 16d 的条斑紫菜新品系(*T-17*)和野生品系(*WT*)的壳孢子萌发体

Fig.5 The conchospore germlings of *T-17* and *WT* that have been cultured under four conditions for 16 days

a—d. *T-17* 品系的壳孢子萌发体, 其培养条件分别为: 在 18℃下放散, 18℃下培养; 23℃下放散, 23℃下培养; 23℃下放散, 先在 24℃下过渡培养 3d, 再在 25℃下培养; 23℃下放散后直接在 25℃下培养。e—h. *WT* 品系的壳孢子萌发体, 其培养条件依次同上

胞死亡(图 5f)。高温 2 组和高温 3 组中的 *T-17* 品系的壳孢子萌发体发育不是很正常, 苗体轻微畸形、细胞排列稍不规则、生长缓慢但未出现细胞死亡现象(图 5c、d); 而相同两组高温条件下, *WT* 品系的壳孢子萌发体则发育极不正常, 苗体严重畸形、细胞排列不规则、生长缓慢、叶片变厚、出现较多的死亡细胞, 并且在两组中分别约有 21.4% 和 63.1% 的壳孢子萌发体的头部或基部出现死亡与腐烂(图 5g、h)。

3 讨论

生产上习惯把秋季成熟的条斑紫菜贝壳丝状体的日放散量在 10 万以上称作大量放散(以壳长 6cm 的贝壳为标准)(曾呈奎等, 1984)。条斑紫菜丝状体出现大量放散的温度范围很广(12.5—22.5℃), 全人工采苗可以在一个相当长的期间内进行, 但生产上一般只利用早、中期放散的壳孢子(中国科学院海洋研究所藻类实验室生态组等, 1978)。所以本实验中对壳孢子开始出现千级放散后连续 16d 放散的壳孢子收集计数, 在这 16d 内, *T-17* 品系在 18、23 和 24℃ 下出现大量放散的时间长短分别为 14、11 和 1d; 而 *WT* 品系则为 14、10 和 0d, *T-17* 品系稍好于 *WT* 品系。*T-17* 品系和 *WT* 品系在 18℃ 下的最大放散量都在百万以上。*T-17* 和 *WT* 品系在 16d 内的日放散量均出现两个高峰, 分别在第 3—6d 和第 11—14d 之间, 这对生产上集中采壳孢子有一定的指导意义。另外, 在 18℃ 和 23℃ 下, *T-17* 品系出现大量放散的天数、每个贝壳的平均最大日放散量和总放散量与 *WT* 品系相比均无显著差异($P>0.05$)。由于生产性采苗需要有 10 万以上的日放散量即出现大量放散时才能稳定有效的进行, 日放散量越大, 采苗越顺利, 每天可以完成的采苗网帘数也越多。当出现百万以上的日放散量时, 只要几到十几分钟就可以使网帘达到很高的附苗密度, 从而在一天之内完成多批采苗(中国科学院海洋研究所藻类实验室生态组等, 1978), 并且在生产上, 根据多年的实验和生产实践表明, 在 10 月 20 日前每个文蛤壳的壳孢子日放散量累计值达到 200 万以上时, 即可达到生产性采苗的要求(陈美琴等, 1979), 所以 *T-17* 品系的壳孢子放散量完全可以满足生产上的需求。

比较四种培养温度下 *T-17* 和 *WT* 品系平均每个贝壳连续 16d 内的壳孢子总放散量和最大放散量, 发现虽然 23℃ 高温在一定程度上抑制了壳孢子的形成和放散, 但在 16d 内两品系均有 2/3 左右的天数出现大量放散, 因此在生产上可以在 23℃ 下采壳孢子。24℃

下的少量放散和 25℃ 下的零放散量均无法满足生产要求, 推断 24℃ 是壳孢子放散的极限温度, 这与 25℃ 高温会抑制条斑紫菜壳孢子的形成和放散的报道结果相符(中国科学院海洋研究所藻类实验室生态组等, 1978)。

在相同培养条件下, *T-17* 品系的壳孢子在对照组和三个高温实验组中的成活率和分裂率均明显高于 *WT* 品系, 并且 *T-17* 品系的壳孢子在三个高温组中的成活率分别是对照组中的 93.3%、65.8% 和 50.2%; 而在 *WT* 品系中则分别只是 39.9%、25.2% 和 20.7%, 说明高温对于 *T-17* 品系的影响较 *WT* 品系要小得多。另外, *T-17* 品系的壳孢子及壳孢子萌发体在 23℃ 高温下能正常生长, 对 24℃ 和 25℃ 高温也有较强的耐受力; 而 *WT* 品系的壳孢子对高温的耐受力很低。两品系在各培养条件下培养 4d 和 10d 的壳孢子萌发体的分裂情况也进一步证明了这一结论。此外, 放散后培养 16d, *WT* 品系在高温 1 组的分裂率是 95.7%, 明显低于对照组, 而在高温 2 组和高温 3 组中 *WT* 品系的分裂率却达到 100%, 与 *T-17* 品系的分裂率基本相同, 其原因可能是由于高温导致 *WT* 品系的未分裂壳孢子和分裂慢的壳孢子萌发体死亡, 使得分裂率增加, 并不是发生分裂的壳孢子数目增多。在计数过程中也发现在高温 2 组和高温 3 组中的 *WT* 品系未分裂的壳孢子及分裂慢的壳孢子萌发体(含 ≤ 4 个细胞)存在死亡和细胞变空的现象。

在高温 1 组中 *T-17* 品系的壳孢子萌发体可以正常生长, 而在高温 2 组和 3 组中, 其苗体出现轻微畸形, 但是没有出现腐烂现象; 而在这三个高温条件下培养的 *WT* 品系的壳孢子萌发体均发生严重畸形, 并且在后两个高温条件下均出现不同程度的腐烂现象, 在 25℃ 下的腐烂程度尤其严重。生产上, 在采壳孢子苗后常遇到突发性回温天气, 如果养殖品种不耐高温, 就会发生大规模的烂苗和掉苗。

根据本文的研究结果, *T-17* 品系的壳孢子放散量完全可以满足生产需求, 它的壳孢子及壳孢子萌发体对于高温均有较强的耐受能力, 对回温也有一定的耐受力。所以, 该品系具备在生产上大规模推广的良好潜力。

参 考 文 献

- 王素娟, 张小平, 徐志东等, 1986. 坛紫菜营养细胞和原生质体培养的研究. 海洋与湖沼, 17(3): 217—221
中国科学院海洋研究所藻类实验室生态组, 藻类分类形态组,

1978. 条斑紫菜的人工养殖. 北京: 科学出版社, 23—108
- 许 璞, 费修硬, 张学成等, 2003. 紫菜色素突变体诱导的研究——II. NG 对紫菜叶状体诱变的效果及遗传分析. 海洋通报, 22(1): 24—29
- 严兴洪, 张淑娟, 黄林彬, 2009. ^{60}Co - γ 射线对条斑紫菜 (*Porphyra yezoensis*) 的诱变效果与色素突变体分离. 海洋与湖沼, 40(1): 56—61
- 陈美琴, 郑宝福, 王继成, 1979. 不同氮肥对条斑紫菜丝状体生长发育的影响. 海洋与湖沼, 10(1): 39—45
- 骆其君, 卢 冬, 费志清等, 1999. 生态因子对条斑紫菜自由丝状体生长的影响. 水产科学, 18(4): 6—9
- 曾呈奎, 王素娟, 刘恩俭, 1984. 海藻栽培学. 上海: 上海科学技术出版社, 184—185
- 曾呈奎, 张德瑞, 赵汝英, 1963. 温度因子对不同种类紫菜的壳孢子形成和放散的影响的比较研究. 植物学报, 11(3): 261—171
- Kato M, Aruga Y, 1984. Comparative studies on the growth and photosynthesis of the pigmentation mutants of *Porphyra yezoensis* in laboratory culture. Japanese Journal of Phycology, 32: 333—347
- Migita S, Fugita Y, 1983. Studies on the color mutant types of *Porphyra yezoensis* Ueda, and their experimental culture. Bulletin of the Faculty of Fisheries, Nagasaki Univ, 54: 55—60
- Wang S J, Zheng Y Z, Ma L B *et al*, 2000. Gamma-Rays induction of mutation in conchocelis of *Porphyra yezoensis*. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 18(1): 47—53
- Yan X H, Aruga Y, 1997. Induction of pigmentation mutants by treatment of monospore germlings with MNNG in *Porphyra yezoensis* Ueda (Bangiales, Rhodophyta). Algae, 12: 39—54
- Yan X H, Fujita Y, Aruga Y, 2000. Induction and characterization of pigmentation mutants in *Porphyra yezoensis* Ueda (Bangiales, Rhodophyta). Journal Applied Phycology, 12: 69—81
- Yan X H, Fujita Y, Aruga Y, 2004. High monospore-releasing pigmentation mutants in *Porphyra yezoensis* Ueda (Bangiales, Rhodophyta). Hydro-biologia, 512: 133—140

THE RELEASING AND HIGH-TEMPERATURE RESISTANCE OF CONCHOSPORES FROM AN IMPROVED STRAIN IN *PORPHYRA YEZOENSIS* UEDA (BANGIALES, RHODOPHYTA)

FU Chun-Hui, YAN Xing-Hong, HUANG Lin-Bin, LI Lin
(College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai, 201306)

Abstract The releasing, high-temperature resistance, and germination of the conchospores from an improved strain (*T-17*) of *Porphyra yezoensis* Ueda were studied. The average numbers of the total conchospores obtained from *T-17* per shell over a releasing period of 16 days were 8.6×10^6 , 3.4×10^6 , 5.4×10^5 , and 0 at 18, 23, 24, and 25°C, whereas were 8.0×10^6 , 2.8×10^6 , 4.9×10^5 , and 0 for *WT*, respectively. There was no significant difference in the total numbers of conchospores between these two strains ($P > 0.05$). The conchospores of both strains, being released at 18°C, all grew normally. When the conchospores released at 23°C, were cultured at three different high-temperatures (e.g. 23°C, 25°C after a 3-day pre-culture at 24°C, or 25°C) for 16 days, the survival rates for *T-17* were 84.6, 59.7, and 45.5%, whereas were 33.0, 20.9 and 17.1% for *WT*, respectively. The conchospore germlings of *WT* in these three culture conditions were abnormal in shape, and some rotted, while the conchospores of *T-17* that were released and cultured at 23°C grew into germlings in normal morphology, while under the other two culture conditions, the germlings grew irregularly. All the results indicate that the *T-17* strain could release enough conchospores for cultivation, and its conchospores are tolerant to high-temperatures and can germinate normally into blades at 23°C, suggesting that the strain may offer broad application in the nori industry.

Key words *Porphyra yezoensis*, High-temperature resistance, Conchocelis, Conchospore release, Conchospore, Survival rate