

不同氮磷质量浓度下青岛大扁藻和牟氏角毛藻的种间竞争关系

林忠洲¹, 徐善良^{2*}, 邵波², 周伟², 严小军¹

(1. 宁波大学 海洋学院, 浙江 宁波 315211; 2. 宁波大学 应用海洋生物技术教育部重点实验室, 浙江 宁波 315211)

摘要: 为研究青岛大扁藻(*Platymonas helgolandica* var. *Tsingtaoensis*)和牟氏角毛藻(*Chaetoceros muelleri* Lemmerman)的种间竞争关系, 以 KNO_3 和 KH_2PO_4 为 N 源和 P 源, 各设 5 个质量浓度梯度, 观察了 2 种微藻单种培养与共培养时的生长特性. 结果表明: (1)单种培养时, 青岛大扁藻密度与氮、磷质量浓度正相关($P<0.05$); 牟氏角毛藻密度与氮质量浓度正相关, 但磷以 $1.14 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 组(P3)藻密度最高. (2)共培养时, 2 种藻的生长效果均不如单种培养, 存在显著差异($P<0.05$). (3)青岛大扁藻最适宜 N/P 比值为 14.81, 对磷有较高的需求; 而牟氏角毛藻的最适宜 N/P 比值是 26.93, 其对较低的磷浓度具有更好的适应性. (4)共培养下, 氮处理组青岛大扁藻占较大竞争优势, 磷处理组牟氏角毛藻占更多竞争优势; 在培养早期和末期青岛大扁藻具有明显的竞争优势, 而在培养中期牟氏角毛藻竞争优势更大.

关键词: 青岛大扁藻; 牟氏角毛藻; 氮磷; 共培养; 种间竞争

中图分类号: Q948.8

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2013) 01-0012-06

微藻是天然水域生态系统的重要组成部分, 其种群生长、演替对水体的生态质量具有重要的影响. 研究表明, 在复杂的自然水域中, 某种群的生长除了受到生物因素的影响, 还受到温度、盐度、光照、营养盐等诸多非生物因素的影响^[1-4]. 研究者们普遍认为氮磷营养盐条件不仅是决定微藻生长繁殖的主要因子, 而且是微藻种间竞争的关键因素之一^[5-6]. 浮游藻类在其生长过程中, 对营养盐有各自不同的需求, 正是这种对氮磷不同的需求在某种程度上决定了浮游藻类不同物种之间的竞争和共存, 氮磷营养盐的改变会导致浮游植物群落结构的改变. 孙军等^[7]的研究表明不同氮磷比例对青岛大扁藻生长有明显的影响, 青岛大扁藻在低氮磷比例条件下的生长要好于高氮磷比例. Tilman D 等^[8]研究表明羽纹目硅藻对氮的需求则比较高. 曲克明等^[9]研究表明氮磷及其比例对浮游硅藻的组成可能有着明显的影响, 氮磷浓度越高,

氮磷比离 Redfield 比(15:1)越远, 硅藻种类越少, 且硅藻在高氮磷比例条件下生长较好. 李晓山等^[10]研究表明当氮浓度较低时, 浮游藻类的单种培养与共培养对氮磷比的响应没有显著的差异; 当氮磷比为 15:1 随着水体氮浓度的增高, 则共培养的藻类的生物量显著增加, 但单种培养的藻类的变化不显著; 当氮磷比为 25:1 时, 随水体中氮浓度的升高, 单种培养的藻类和共培养的藻类的生物量均显著升高.

扁藻和硅藻是海洋环境中生理生态特性有显著差异的 2 个类群, 是养殖水体中重要的饵料微藻. 为此, 笔者选取在贝类苗种生产上广泛应用的青岛大扁藻(*Platymonas helgolandica* var. *tsingtaoensis*)和牟氏角毛藻(*Chaetoceros muelleri* Lemmerman)为研究对象, 进行不同氮磷质量浓度下的单种培养和共培养比较实验, 研究 2 种藻在单培养和共培养模式下的生长特性, 并进一步探讨不同氮磷质量

收稿日期: 2012-10-10.

宁波大学学报(理工版) 网址: <http://nbdxlg.paperopen.com/>

基金项目: 国家海洋公益科研专项(201105009-3); 浙江省“新农村科技示范建设”项目(XJKS2010001); 宁波市重大攻关项目(2011C11003).

第一作者: 林忠洲(1987-), 男, 浙江绍兴人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 海洋生态学研究. E-mail: linzhongzhou@gmail.com

*通信作者: 徐善良(1962-), 男, 浙江舟山人, 副研究员, 主要研究方向: 海水养殖技术. E-mail: xushanliang@nbu.edu.cn

浓度下青岛大扁藻和牟氏角毛藻的种间竞争关系.

1 材料与方法

1.1 藻种

青岛大扁藻和牟氏角毛藻由宁波大学海洋生物工程重点实验室微藻种质库提供.

1.2 微藻培养

实验用海水经脱脂棉过滤后, 煮沸消毒, 盐度 27, pH 8.2. 培养温度 20 °C, 光照强度 3 000 lx, 光暗周期 L:D=14 h:10 h, 培养时间 14 d.

1.3 实验设计

分别以 KNO_3 和 KH_2PO_4 作为氮源和磷源进行单因素实验, 每个因素设置 5 个水平, 每个水平 3 重复, 具体质量浓度值见表 1. 以 N1、N2、N3、N4、N5 和 P1、P2、P3、P4、P5 分别代表各氮磷处理组. N 处理组的 P 质量浓度均为 $2.05 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, P 处理组的 N 质量浓度均为 $15.25 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

表 1 N、P 初始质量浓度值 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

因素	水平				
	1	2	3	4	5
N	4.16	6.93	9.70	12.48	15.25
P	0.23	0.68	1.14	1.60	2.05

取指数生长期实验藻进行接种培养, 青岛大扁藻和牟氏角毛藻的接种密度分别为 $3 \times 10^4 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$ 和 $12 \times 10^4 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$.

培养液为 NMB3#培养液, 其母液配方: KNO_3 100 g; KH_2PO_4 10 g; MnSO_4 0.25 g; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 2.5 g; EDTA-Na_2 20 g; VB_{12} 0.5 μg ; VB_1 5 μg , 溶解于 1 000 mL 蒸馏水.

1.4 细胞计数

隔天取 1 mL 藻液, 用 Lugol 氏液固定, 血球计数板计数. 每个样品计数 3 次, 取其平均值.

1.5 数据处理

种间竞争优势用相对生长速率判别, 其计算公式为:

$$K = \log_2(N_t / N_0) / t, \quad K_1 = K_Q / K_J,$$

$$K_2 = K'_Q / K'_J, \quad K_R = K_2 / K_1,$$

K 表示生长速率常数, N_t 表示培养 t 天后的藻密度, N_0 表示初始藻密度, K_1 、 K_2 分别表示青岛大扁藻在单培养和共培养时, 相对于牟氏角毛藻的生长速率, K_Q 、 K_J 为单培养时青岛大扁藻和牟氏角毛藻的

生长速率常数, K'_Q 、 K'_J 则为共培养时的生长速率常数. K_2 表示青岛大扁藻的相对生长速率, K_R 值大于 1 表示青岛大扁藻具竞争优势, 等于 1 说明 2 种藻无竞争, 小于 1 表示牟氏角毛藻具竞争优势.

统计分析在 EXCEL 2010 和 SPSS 17.0 中进行.

2 结果

2.1 单培养模式下 2 种藻的生长特征

2.1.1 青岛大扁藻在氮磷不同质量浓度下的生长

青岛大扁藻在不同氮、磷处理下的生长曲线见图 1(a)、图 1(b). 由图 1(a)和(b)可见, 在接种后 4 d 内, 氮磷质量浓度对各组藻的生长无显著影响, 6 d 后组间差异显著性逐渐显现, 8 d 后各处理组的藻密度与氮磷浓度成正相关, 低浓度时表现为后期生长明显乏力.

图 1(a)显示, 第 10 天至第 14 天时 N3、N4、N5 三组的藻密度虽无显著差异, 但显著高于 N1、N2 处理组; 培养第 10 天时, 前 3 组的细胞密度达到 $91.2 \times 10^4 \sim 97.2 \times 10^4 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$, 约是 N1 和 N2 组的 2.2 倍和 1.4 倍; 10 d 后, N3、N4、N5 的藻密度继续增长, 至 14 d 时藻密度十分接近, 约为 $110 \times 10^4 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$; 而 N1 和 N2 两组的藻密度 10 d 后基本维持不变.

图 1(b)的磷处理与氮处理结果较为相似, 除 P5 组与 N5 组表现相近外, 总体上磷处理的最终细胞密度低于氮处理组; 培养 6 d 后, 受磷质量浓度限制, 低磷浓度的 P1、P3、P5 三组差异逐渐增大, 14 d 的最终细胞密度分别是 42×10^4 、 66×10^4 和 $87 \times 10^4 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$, 组间差异显著($P < 0.05$); 而 P4 与 P5 处理组无显著性差异($P > 0.05$).

2.1.2 牟氏角毛藻在氮磷不同质量浓度下的生长

牟氏角毛藻在不同氮、磷质量浓度处理下的生长曲线见图 1(c)、图 1(d). 由图 1(c)可见, 与扁藻不同, 培养 2 d 后, N5 组即表现出快速生长, 培养 8 d 时达峰值 $191 \times 10^4 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$, 与另 4 组有显著差异($P < 0.05$); 培养 6 d 后, 各组的角毛藻密度随氮质量浓度增加而升高, N3、N4、N5 组间的最终藻密度差异不显著($P > 0.05$), 但极显著高于 N1 和 N2 组($P < 0.01$), 约是后两者 $97 \times 10^4 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的 1.9 倍和 $118 \times 10^4 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的 1.5 倍.

图 1(d)结果显示, 与氮处理不同, 仅在磷质量

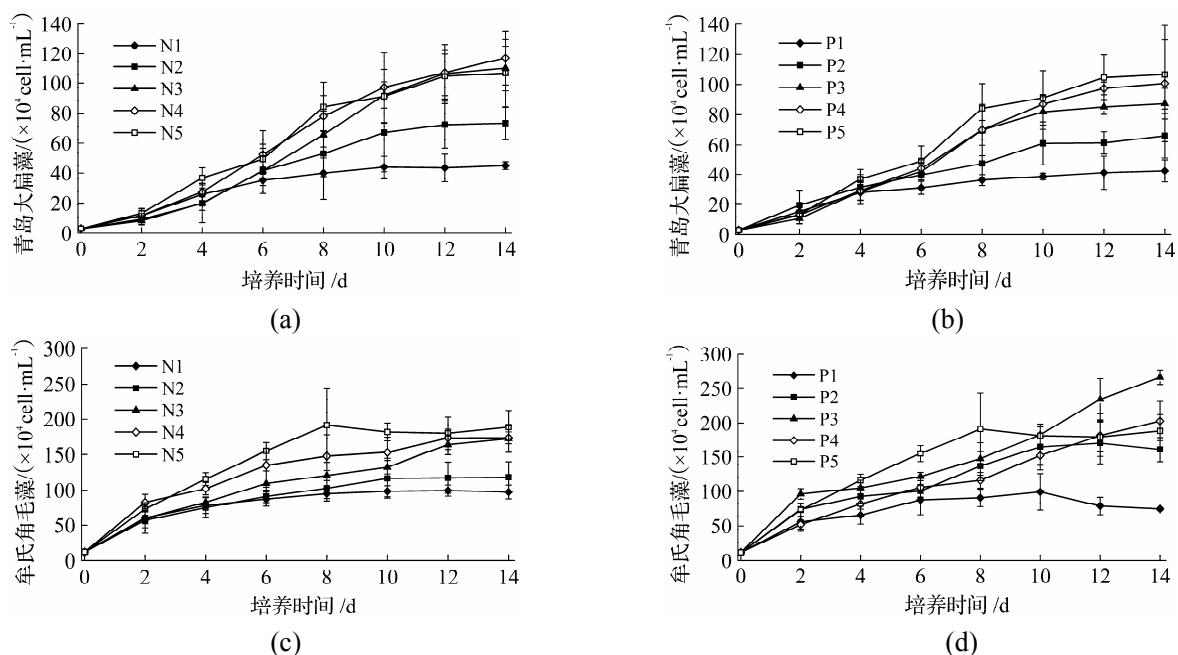


图1 青岛大扁藻和牟氏角毛藻单种培养时的生长曲线

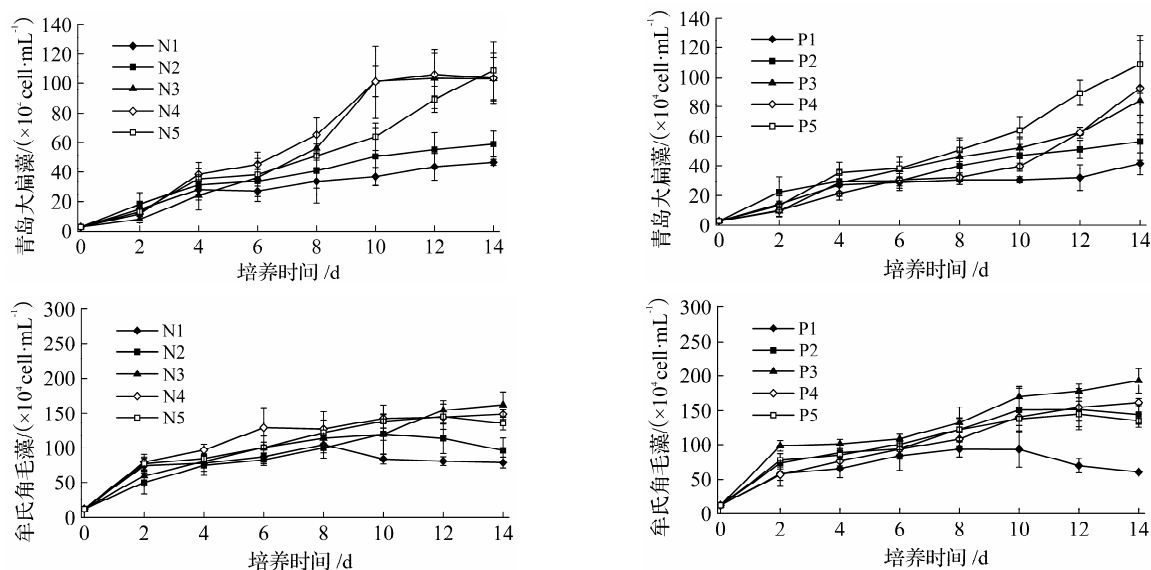


图2 青岛大扁藻和牟氏角毛藻共培养时的生长曲线

浓度低于 $1.14 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (P3) 时角毛藻生长与磷质量浓度成正相关; P5 组在培养 8 d 内具显著的生长优势, 但随后藻密度不增反减, 8 d 后 P3 组藻密度超过 P5 组, P3 组最终藻密度高达 $266 \times 10^4 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$, 显著优于其余 4 组; P2、P3、P5 三组的最终密度相近, 而 P1 组 2 d 后就始终处于较低密度水平, 仅为 $75 \times 10^4 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$, 极显著低于其他处理组 ($P < 0.01$).

2.2 共培养时 2 种藻的生长特征

2.2.1 共培养对 2 种藻的密度变化

青岛大扁藻和牟氏角毛藻在不同氮磷质量浓

度下共培养的藻密度变化见图 2. 从图 2 可知, 与各自对应的单培养比较, 共培养下 2 种藻的生长效果均不如单培养, 经配对样本 t 检验分析, 两藻的生长皆存在显著差异 ($P < 0.05$). 同时发现, 培养后期, 牟氏角毛藻在 N1、N2、N5 组及 P1、P2、P5 组, 藻密度呈现下降, 而青岛大扁藻则恰好表现出快速增长的竞争优势.

2.2.2 不同氮磷浓度下的最大藻密度

共培养模式下, 青岛大扁藻和牟氏角毛藻所达到的最大藻密度值见图 3、图 4. 结果显示, 不同

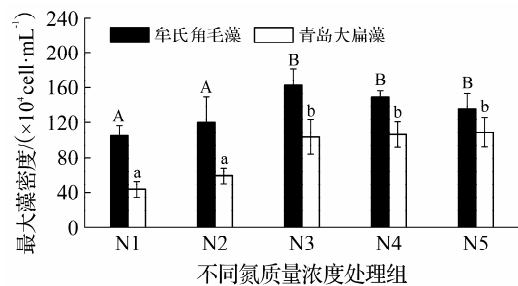


图 3 不同氮质量浓度下最大藻密度

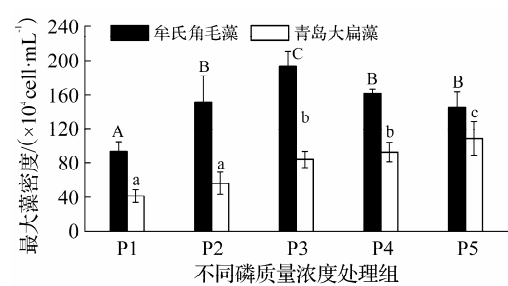


图 4 不同磷质量浓度下最大藻密度

表 2 不同氮磷质量比对 2 种藻的最终藻密度影响 $10^4 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$

N/P 比值	<i>Platymonas helgolandica</i>	<i>Chaetoceros muelleri</i>	N/P 比值	<i>Platymonas helgolandica</i>	<i>Chaetoceros muelleri</i>
4.04	36.50±2.08 ^a	79.25±7.76 ^b	14.96	106.75±19.45 ^c	162.40±18.24 ^g
6.73	59.00±8.83 ^a	96.50±17.71 ^c	19.23	82.83±31.71 ^b	161.50±5.80 ^{fg}
9.43	107.00±14.56 ^c	124.00±6.25 ^d	26.93	84.00±9.76 ^b	192.83±17.72 ^h
12.12	109.40±17.10 ^c	135.25±9.57 ^{de}	44.88	56.50±12.58 ^a	144.33±14.26 ^{ef}
14.81	119.75±14.75 ^c	148.67±7.79 ^{efg}	134.65	41.50±7.59 ^a	60.67±1.75 ^a

注: 表中同行上标字母(a~h)不同表示有显著性差异($P<0.05$).

氮磷质量浓度下青岛大扁藻和牟氏角毛藻的最大藻密度存在组间显著差异($P<0.05$). 在实验梯度范围, 青岛大扁藻的最大藻密度与氮磷质量浓度成正相关, 即氮质量浓度为 $15.25 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (N5)和磷质量浓度 $2.05 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (P5)时藻密度达最大值; 而牟氏角毛藻的最大藻密度呈单峰型, 以氮质量浓度为 $9.70 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (N3)和磷质量浓度为 $1.14 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (P3)时取得最大值, 低于或高于此质量浓度时最大藻密度依次下降.

2.3 不同氮磷比(N/P)下 2 种藻的最终藻密度变化

计算不同氮磷质量浓度下的实际氮磷比(N/P), 并按序排列, 2 种藻相应的最终藻密度见表 2. 由表 2 可见, 不同的氮磷比对 2 种藻终细胞密度均有显著影响($P<0.05$). 就青岛大扁藻而言, 当 N/P 值由 4.04 逐渐提高至 14.81 时, 最终藻密度也随之增加, 尤以 $N/P<12.12$ 时影响显著; 当 $N/P>14.81$ 时, 最终藻密度则随 N/P 值增大呈负相关. 牟氏角毛藻也呈现类似的现象, 所不同的是当 $N/P>26.93$ 后, 其终细胞密度才出现显著下降.

2.4 共培养下青岛大扁藻与牟氏角毛藻的竞争关系

依据 $K_R=K_2/K_1$, 计算得到 K_R 的变动值为 0.77~1.49, 可绘制成图 5. 图 5 中浅色区域表示青岛大扁藻有竞争优势, 深色区域则表示牟氏角毛藻具竞争优势. 在不同氮、磷质量浓度下, 培养的前 6 d 内, N1~N5 组及 P5 组, 均显示青岛大扁藻有较高

的相对生长速率, 即有较强的竞争优势, 6 d 后这种优势基本上被牟氏角毛藻取代; 而 P3、P4 组则始终表现为牟氏角毛藻具强大的竞争优势; 所有处理组在培养末期, 青岛大扁藻又再次占优势. 总体来看, 氮处理组青岛大扁藻占较大竞争优势, 磷处理组则牟氏角毛藻更占竞争优势.

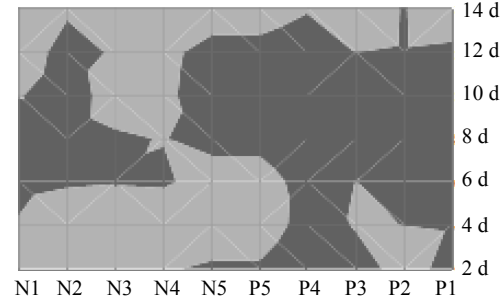


图 5 不同氮磷质量浓度下 2 种藻的竞争优势

3 讨论

3.1 氮磷营养盐浓度与微藻生长的关系

有学者提出海洋中浮游植物所需氮、磷营养盐下限分别为无机氮 $0.08 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 无机磷 $0.018 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ [4]. 本实验设置的氮磷最低值分别是 $4.16 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.23 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 远高于所需下限, 所以即使在 N1 或 P1 处理组, 2 种藻也表现出一定的生长性. 但是也发现较低氮质量浓度或者低磷质量浓度下, 2 种藻都较早地进入静止期(图 1 和图 2), 所能达到的最大藻密度也较低(图 3 和图 4). 这是因为低氮和低磷组

很快接近所需氮磷营养盐下限,最终形成营养盐限制,影响藻类的生长。所以认为在低氮或低磷处理下,影响青岛大扁藻和牟氏角毛藻繁殖的主因是氮磷营养盐缺乏。实验结果表明,随着氮质量浓度的升高,无论是青岛大扁藻还是牟氏角毛藻都表现出正效应(图 1(a)和图 1(c))。磷质量浓度的升高对青岛大扁藻同样有促进作用(图 1(b)),而对牟氏角毛藻则不然,过高的磷质量浓度反而会抑制其生长(图 1(d))。同时发现,当氮、磷质量浓度达到 N3、P3 以上值时,获得的最大藻密度十分接近(图 3 和图 4),说明此时氮磷营养盐浓度已能完全满足,不再是主因素。陆茸^[11]也发现,当营养盐达到一定浓度时,再增加营养盐不能明显地促进微藻的生长。营养盐浓度越高并不一定有利于藻类生长,过高反而有抑制作用^[12]。

3.2 N/P 比值对微藻生长的影响

微藻的生长不仅与氮磷营养盐浓度有关,而且当水体中氮磷营养盐达到一定的水平,还受到 N/P 比值的影响。N/P 比值过高或过低均不利于微藻的生长,通常认为藻类维持正常生长和生理平衡所需的 N:P 为 16:1^[1,2,4-16],若 N/P 比值大于 16,磷被认为是限制因素;当 N/P 比值小于 10 时,氮被认为是限制性因子^[17]。但是,因为每种微藻对氮磷结构比具有特殊的需求,故不尽相同。从表 2 结果可发现,青岛大扁藻最适 N/P 比值是 14.81, N/P 比值大于 14.81 时,磷逐渐成为限制因子,青岛大扁藻的生长受到抑制,说明青岛大扁藻对磷有较高的需求。这一结果与孙育平等^[18]得到的亚心形扁藻最适 N/P 比值为 17 的研究结果十分相近。而牟氏角毛藻的最适 N/P 比值是 26.93,与 Austin 等^[19]、于瑾等^[20]得到的牟氏角毛藻最佳 N/P 比值分别为 28、23 的研究结果较为一致。N/P 比值为 26.93(远大于 16)时,磷显然已成为限制因子,但牟氏角毛藻的生长却最佳,这一事实说明牟氏角毛藻对较低的磷营养盐具有更好的适应性。

3.3 共培养模式下 2 种藻的竞争力优势分析

在共培养环境中,随着可利用氮磷营养盐的减少,对氮磷吸收能力强的微藻容易成为优势种,而另一种的数量不会增加,两者发生竞争排斥^[14]。因此,共培养条件下,最大藻细胞密度往往低于或接近单种培养时的密度^[14-15],但在一些赤潮藻研

究中也有明显高于单种培养时最大细胞密度的现象发生^[15]。本研究结果显示,青岛大扁藻和牟氏角毛藻共培养开始时,藻的生长与各自单培养时基本一致,但最大藻密度普遍低于单培养时的最大藻密度,符合一般规律。原因是随着 2 种藻细胞的不断增殖,对氮磷的共同吸收加快了水体营养盐的消耗速度,导致培养后期青岛大扁藻和牟氏角毛藻争夺有限氮磷营养盐资源,双方的互相抑制作用是影响藻生长最直接因素。有研究表明,扁藻竞争能力明显强于眼点拟微绿球藻(*Nannochloropsis oculata*)^[16];青岛大扁藻会强烈地抑制强壮前沟藻(*Amphidinium carterae* Hulburt)的生长^[5];研究还发现青岛大扁藻能分泌克生物质^[5]。结合图 5 可清楚地看到,在共培养中期牟氏角毛藻具有明显的竞争优势,而培养早期和末期青岛大扁藻更显竞争优势。

参考文献:

- [1] 李锋,葛长宇,方建光.不同温度和接种密度下亚心形扁藻增殖的初步研究[J].海洋水产研究,2007,28(6):61-66.
- [2] 杨东方,陈生涛,胡均.光照、水温和营养盐对浮游植物生长重要影响大小的顺序[J].海洋环境科学,2007,26(3):201-207.
- [3] 周洪琪, Renaud S M, Parry D L. 温度对新月菱形藻、铲状菱形藻和耙夫藻的生长、总脂肪含量以及脂肪酸组成的影响[J].水产学报,1996,20(3):235-240.
- [4] 钱振明,邢荣莲,汤宁.光照和盐度对 8 种底栖硅藻生长及其生理生化成分的影响[J].烟台大学学报:自然科学与工程版,2008,21(1):46-52.
- [5] Pratt C M. Competition between *Skeletonema costatum* and *Olithodiscus luteus* in Narragansett Bay and in culture[J]. Limnol Oceanogr, 1966, 11:447-449.
- [6] 朱从举,齐雨藻,郭昌弼.铁、氮、磷、维生素 B1 和 B12 对海洋原甲藻的生长效应[J].海洋与湖沼,1994,25(2):166-172.
- [7] 孙军,刘东艳,陈宗涛,等.不同氮磷比率对青岛大扁藻、新月柱鞘藻和米氏凯伦藻生长影响及其生存策略研究[J].应用生态学报,2004,15(11):2122-2126.
- [8] Tilman D, Sterner R W. Invasions of equilibria: Tests of resource competition using two species of algae[J]. 1984, 61:197-200.
- [9] 曲克明,陈碧鹃,袁有宪,等.氮磷营养盐影响海水浮游硅藻种群组成的初步研究[J].应用生态学报,2000,

- 11(3):445-448.
- [10] 李晓山, 杨敏, 刘富舜, 等. 氮磷比对藻类竞争生长的影响[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(16):9815-9817.
- [11] 陆茸. 东海围隔实验中营养盐对浮游植物生长的影响及其动力学研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2005.
- [12] 牛明改. 水体富营养化藻类资源竞争与种群演替规律的初探[D]. 苏州: 苏州大学, 2003.
- [13] 陈洁, 段舜山, 李爱芬. 眼点拟微绿球藻与扁藻在不同接种比例下的竞争[J]. 海洋科学, 2003, 27(5):73-76.
- [14] Rhee G Y. Effects of N:P atomic ratios and nitrate limitation on algal growth, cell composition and nitrate uptake[J]. Limnology and Oceanography, 1978, 23(1): 10-25.
- [15] 谢志浩, 肖慧, 蔡恒江. 不同起始数量对赤潮异弯藻和东海原甲藻种间竞争的影响[J]. 海洋环境科学, 2008, 27(5):462-465.
- [16] Sommer U. Nutrient competition between phytoplankton in multispecies chemostat experiments[J]. Arch Hydrobiol, 1983, 96(2):399-416.
- [17] Li R, Zhu M Y, Chen S. Response of phytoplankton to phosphate enrichment in mesocosm experiments[J]. Acta Ecologica Sinica, 2001, 21(4):603-607.
- [18] 孙育平, 赵曰水. 不同氮、磷浓度下亚心形扁藻的生长及水中氮、磷变化[J]. 水产科学, 2011, 30(4):197-201.
- [19] Austin A P, Ridley T C I, Lucey W P. Effects of nutrient enrichment on marine periphyton: Implications for abalone culture[J]. Botanic Marina, 1990, 33(3):235-239.
- [20] 于瑾, 蒋霞敏, 梁洪. 氮、磷、铁对牟氏角毛藻生长速率的影响[J]. 水产科学, 2006, 25(3):121-124.

The Competitive Relationship of *Platymonas helgolandica* Var. *Tsingtaoensis* and *Chaetoceros Muelleri* Lemmerman in Different Mass Concentrations of Nitrogen and Phosphorus

LIN Zhong-zhou¹, XU Shan-liang^{2*}, SHAO Bo², ZHOU Wei², YAN Xiao-jun¹

(1.Marine College, Ningbo University, Ningbo 315211, China;

2.Key Laboratory of Applied Marine Biotechnology of Ministry of Education, Ningbo 315211, China)

Abstract: In order to study the interspecific competitive relationship of *Platymonas helgolandica* var. *Tsingtaoensis* and *Chaetoceros muelleri* Lemmerman, two kinds of microalgae's growth characteristics in single cultivation and cocultivation were observed using of KNO_3 and KH_2PO_4 as N and P source at five mass concentration gradient. The results show that: (1) In single culture condition, *P. helgolandica*'s density is positively related to nitrogen and phosphorus mass concentration ($P < 0.05$), and *C. muelleri*'s density is also positively related to nitrogen mass concentration. But algae density is found to be the highest in phosphorus 1.14 mg/L (P3). (2) Growth effect of two kinds of algae in cocultivation condition is less than in single culture, which shows significant difference ($P < 0.05$). (3) *P. helgolandica*'s optimum N/P ratio is 14.81, which has higher demand for P. While *C. muelleri*'s optimum N/P ratio is 26.93, which reveals the better adaptability to the low phosphorus concentration. (4) In cocultivation condition, the *P. helgolandica* of nitrogen treatment group takes a significant competitive advantage. While the *C. muelleri* of phosphorus treatment group has more competitive advantages. *P. helgolandica* manifests the obvious competitive advantage in the early stage and late period of cultivation, and *C. muelleri* shows a greater competitive advantage in the middle period of cultivation.

Key words: *Platymonas helgolandica* var. *Tsingtaoensis*; *Chaetoceros muelleri* Lemmerman; nitrogen and phosphorus; cocultivation; interspecific competition

(责任编辑 史小丽)