

氮、磷和维生素对冈村枝管藻盘状体生长的影响

郑兰红^{1,2}, 张学成¹, 朱清华¹

(1. 中国海洋大学 海洋生命学院, 山东 青岛 266003; 2. 中国水产科学研究院 黄海水产研究所, 山东 青岛 266071)

摘要:以冈村枝管藻(*Cladosiphon okamuranus* Tokida)为实验材料,研究了培养基中氮、磷和维生素对冈村枝管藻盘状体生长的影响。并应用 SPSS13.0 软件包对数据进行统计分析。结果显示,在 NH_4NO_3 为氮源时,盘状体直径增长较快,氮浓度最适范围在 0.3~0.6 mmol/L 之间。在不同磷浓度条件下,盘状体保持大致相同的生长状态。不同浓度培养基时盘状体直径增长快慢各不相同,其中在 1/2Provasoli 培养基时,盘状体生长最快。维生素 B_1 、维生素 B_{12} 和生物素对盘状体的生长有一定的促进作用。

关键词: 冈村枝管藻盘状体; 氮; 磷; 维生素; 生长

中图分类号: S968.42; Q942.4

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2009)08-0030-06

冈村枝管藻(*Cladosiphon okamuranus* Tokida)是一种丝状褐藻,属索藻目(Chordariales),索藻科(Chordariaceae)。冈村枝管藻是亚热带海藻,主要生长在日本冲绳列岛和汤加沿海^[1,2]。在日本,冈村枝管藻是深受欢迎的传统保健食品。研究表明,冈村枝管藻富含褐藻硫酸多糖等生物活性物质,具有抗肿瘤、抗凝血、降血脂等多种生物活性。王静凤等对其多糖的提取及功效进行了研究,证实具有较强的抗肿瘤作用^[3],抗凝血作用^[4],能显著改善高脂血大鼠体内过氧化状态^[5]。冈村枝管藻的生活史由单倍体的配子体世代和二倍体的孢子体世代组成^[6]。营养盐需要量的研究因种而异,许忠能等^[7]研究了营养盐因子对细基江蓠繁枝变种(*Gracilaria tenuis-tipitata* Var. *liui*)氮、磷吸收速率的影响。马志珍^[8]研究了氨盐和硝酸盐对三角褐指藻(*Phaeodactylum tricornutum* Bohlin)生长的作用。李雅娟等^[9]研究了氮、磷、铁、硅等对底栖硅藻生长速率的影响。梁英等^[10]研究了硝酸钠浓度对三角褐指藻(*Phaeodactylum tricornutum* Bohlin),生长的影响。还有许多关于维生素对藻类生长发育影响的报道^[11,12]。

虽然日本冈村枝管藻已形成了很大的产业,但氮、磷、维生素等对冈村枝管藻生长的影响研究不多。作者研究了氮、磷、维生素等对冈村枝管藻盘状体生长的影响,以期为该物种实验生态研究积累基础数据。

1 材料和方法

冈村枝管藻引自日本冲绳,中国海洋大学海洋生命学院藻类分子与遗传实验室以其中性游孢子萌发形成的盘状体形式保存,成熟的盘状体为中性游孢子囊^[13]。以 1~2 个/ mm^2 的密度接种中性游孢子在直径 5.5 cm 的培养皿内。实验在 HPG-280B 光照培养箱中进行,每天镜检,观察盘状体的直径增长情况,用重光 XDS 倒置显微镜的内置目微尺测量盘状体直径。培养条件是温度 23℃,光照强度 34 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,光周期 12L/12D,白光,盐度 33, pH 8.2。实验重复 2 次,5 个平行样,每种样品随机测量 30 个盘状体的直径,应用 SPSS13.0 软件包对数据进行统计分析。对数据进行单因子方差分析,并进行 DUNCAN 多重比较,以 $P < 0.05$ 作为差异显著的标志。

1.1 不同氮源的比较实验

以 1/2Provasoli 培养基(表 1)为基础^[14],只改变其中氮源种类而不改变氮的浓度,其他营养元素不变。分别以 NaNO_3 、 NH_4Cl 和 NH_4NO_3 为氮源,浓度都是 0.294 mmol/L。

收稿日期:2009-03-10;修回日期:2009-05-10

基金项目:农业部引进国际先进农业科学技术“948”项目

作者简介:郑兰红(1977-),女,山东潍坊人,博士,研究方向:海洋生物学, E-mail: zhenglanhong@126.com;张学成,通信作者,教授,博士生导师, E-mail: xczhang@ouc.edu.cn

表 1 Provasoli 培养基
Tab. 1 The Provasoli medium

成分	浓度 (mmol/L)
NH ₄ NO ₃	0.586 69
NaH ₂ PO ₄ · 2H ₂ O	0.013 26
Fe(NH ₄) ₂ (SO ₄) · 6H ₂ O	0.004 59
Na ₂ EDTA	0.017 37
H ₃ BO ₃	0.035 88
FeCl ₃ · 6H ₂ O	0.000 39
MnCl ₂ · 4H ₂ O	0.001 40
ZnSO ₄ · 7H ₂ O	0.000 19
CoCl ₂ · 6H ₂ O	0.000 03

1.2 氮浓度实验

以 1/2Provasoli 培养基为基础,只改变其中氮源浓度,其他营养元素不变。设不同的氮浓度 0.074、0.147、0.294、0.587、0.881 mmol/L。

1.3 磷浓度实验

以 1/2Provasoli 培养基为基础,只改变其中磷源浓度,其他营养元素不变。设不同的磷浓度 0.007、0.013、0.025、0.050、0.100 mmol/L。

1.4 不同浓度培养基实验

以 1/2Provasoli 培养基为基础,只改变培养基

表 2 不同氮源对冈村枝管藻盘状体生长的影响

Tab. 2 Effects of different nitrogens on the growth of *C. okamuranus* disc

培养时间(d)	冈村枝管藻盘状体直径(μm)		
	NaNO ₃	NH ₄ Cl	NH ₄ NO ₃
1	4.0±0.1 ^a	4.1±0.1 ^a	3.9±0.1 ^a
2	4.1±0.1 ^a	4.5±0.1 ^c	4.3±0.1 ^b
3	5.9±0.1 ^a	6.3±0.3 ^a	6.3±0.2 ^a
4	6.1±0.3 ^a	8.3±0.3 ^b	10.9±0.3 ^c
5	6.3±0.1 ^a	12.9±0.4 ^b	13.4±0.3 ^b
6	6.6±0.2 ^a	18.0±0.4 ^b	18.5±0.4 ^b
7	8.1±0.2 ^a	22.4±0.4 ^b	24.8±0.5 ^b
8	11.5±0.5 ^a	25.1±0.5 ^b	30.3±0.5 ^c

注:表中同一行数据右上角的字母相同表示差异不显著,字母不同表示差异显著,下同

许多大型海藻和一些微藻对 NH₄⁺-N 的吸收率高于 NO₃⁻-N、尿素和氨基酸,硝态氮是藻类细胞利用的主要氮源形式,然而当环境中存在氨态氮时,则优先利用氨盐^[15]。

本研究表明,以等摩尔氮的 NH₄Cl、NaNO₃ 和 NH₄NO₃ 作为氮源时,选择 NH₄NO₃ 为氮源,藻类首先利用 NH₄⁺,而剩余的 NO₃⁻ 避免了因光合作用放氧而导致的培养液 pH 值的上升,有利于保持 pH 值的稳定,NO₃⁻ 则供应了藻类后期的生长,从而使盘状体获得较快较持久的生长。

总浓度,其营养元素不变。设不同的浓度为 1/8Provasoli、1/4Provasoli、1/2Provasoli、Provasoli 和 2 Provasoli。

1.5 维生素 B₁₂ 实验

以 1/2Provasoli 培养基为基础,添加维生素 B₁₂,设置维生素 B₁₂ 浓度梯度为:0、0.1、1、10、100 mg/L。

1.6 复合维生素实验

复合维生素母液的配制:0.5 mg (VitaminB₁₂) + 100 mg (VitaminB₁) + 0.5 mg (Biotin),溶于 1 000 mL 的蒸馏水中,滤膜过滤除菌,制成母液。以 1/2Provasoli 培养基为基础,添加复合维生素,设置不同复合维生素浓度梯度:即 20 mL 的培养液中加入 0、10、100、1 000、10 000 μL 的复合维生素母液。

2 结果与讨论

2.1 氮源对冈村枝管藻盘状体生长的影响

表 2 说明,在不同氮源中,冈村枝管藻盘状体直径的增长相差很大,1~4 d 的生长基本相同,以硝酸铵为氮源时,后期生长最快,其次为氯化铵,再次为硝酸钠。

2.2 氮浓度对冈村枝管藻盘状体生长的影响

表 3 可见,在不同硝酸铵浓度下,冈村枝管藻盘状体均获得较快的生长,在 0.074、0.147、0.294、0.587、0.881 mmol/L 硝酸铵浓度时,盘状体生长趋势相似,其中 0.294 mmol/L 浓度时,盘状体生长最快,0.074 mmol/L 和 0.147 mmol/L 浓度时,盘状体在后期表现为缓慢增长;而在 0.881 mmol/L 的氮浓度时,盘状体直径初期生长较慢,3 d 后生长恢复正常。

表 3 不同 NH_4NO_3 浓度对冈村枝管藻盘状体生长的影响

Tab.3 Effects of different nitrate concentrations on the growth of *C. okamuranus* disc

培养时间(d)	冈村枝管藻盘状体直径(μm)				
	NH_4NO_3 浓度 (mmol/L)				
	0.074	0.147	0.294	0.587	0.881
1	3.9±0.1 ^a	4.0±0.1 ^a	4.0±0.2 ^a	3.9±0.2 ^a	4.1±0.1 ^a
2	4.2±0.1 ^a	4.3±0.1 ^a	4.4±0.2 ^a	4.1±0.1 ^a	4.4±0.2 ^a
3	5.5±0.2 ^a	6.3±0.1 ^b	6.0±0.1 ^b	6.3±0.1 ^b	6.0±0.1 ^b
4	13.2±0.3 ^a	13.1±0.3 ^a	15.1±0.3 ^b	13.1±0.3 ^a	14.4±0.3 ^b
5	18.9±0.3 ^b	19.5±0.3 ^{bc}	20.0±0.2 ^c	18.9±0.3 ^b	17.3±0.4 ^a
6	21.3±0.5 ^a	24.2±0.3 ^b	24.8±0.4 ^b	24.3±0.4 ^b	22.1±0.4 ^a
7	21.7±0.5 ^a	24.8±0.3 ^b	26.1±0.4 ^c	24.8±0.4 ^b	22.2±0.4 ^a

Pederson, Naldi 等^[16,17] 用¹⁵N 研究了一种海藻 (*Amphibolis antarctica*) 的 N 吸收和分配,在低浓度下 N 吸收仅能提供夏季迅速生长所需的 70%,其余 30%需从内部营养库补充。海藻可能更易适应在营养不足状态下的持续快速生长,许多大型海藻可以储存 N,基于这一点,一些大型藻已被用于养殖系统的自净和控制附着生物的生长^[18],冈村枝管藻具有较强的吸收 N 源的能力,有望作为海洋环境修复的植物。

表 4 磷浓度对冈村枝管藻盘状体生长的影响

Tab.4 Effects of different phosphate concentrations on the growth of *C. okamuranus* disc

培养时间(d)	冈村枝管藻盘状体直径(μm)				
	P 浓度 (mmol/L)				
	0.007	0.013	0.025	0.050	0.100
1	3.9±0.1 ^a	4.0±0.1 ^a	4.1±0.1 ^a	3.9±0.1 ^a	4.0±0.0 ^a
2	5.1±0.1 ^a	4.9±0.1 ^a	4.6±0.1 ^a	5.0±0.1 ^a	4.8±0.1 ^a
3	5.8±0.3 ^a	5.6±0.3 ^a	5.3±0.2 ^a	5.9±0.2 ^a	5.4±0.2 ^a
4	8.0±0.2 ^a	7.4±0.3 ^{ab}	8.6±0.2 ^{bc}	8.2±0.3 ^b	9.2±0.3 ^c
5	12.6±0.2 ^b	12.0±0.2 ^{ab}	12.0±0.3 ^{ab}	11.4±0.4 ^a	12.2±0.1 ^b
6	19.6±0.4 ^b	17.2±0.3 ^a	18.4±0.6 ^{ab}	17.2±0.5 ^a	18.8±0.5 ^b
7	22.5±0.5 ^a	22.3±0.5 ^a	22.0±0.4 ^a	22.8±0.3 ^a	22.4±0.4 ^a
8	24.3±0.3 ^a	26.1±0.5 ^b	25.2±0.4 ^{ab}	25.3±0.3 ^{ab}	24.2±0.3 ^a

正磷酸盐 PO_4^{3-} 是藻类吸收的主要无机磷形式。Lundberg 等^[19] 研究了大型海藻 (*Ulva lactuca*) 吸收氮磷化合物机理,发现在有磷供应的介质中,才能合成多聚磷以备外界 P 不足时用于维持生长。对硅藻和绿藻在最佳生长时磷的需求的研究表明,当磷低于 50 $\mu\text{g/L}$ 时,则处于缺磷状态,高于 20 mg/L 时,藻类的生长受到抑制,0.1~2 mg/L 为最适浓度。藻类对主要营养盐(氮磷)的吸收是根据自身需要按一定的比例进行的^[20]。

2.3 磷浓度对冈村枝管藻盘状体生长的影响

表 4 显示,在 0.007~0.013 mmol/L 的磷浓度时,盘状体直径的增长基本相同;其中以 0.013 mmol/L 磷浓度时生长最快,0.050 mmol/L 次之,0.100 mmol/L 较高磷浓度和 0.007 mmol/L 较低磷浓度时,对盘状体的生长几乎无影响。

本研究显示, PO_4^{3-} 的最适浓度位于 0.5~2 mg/L 之间,冈村枝管藻盘状体的直径增长较快;高浓度和低浓度的磷对冈村枝管藻的生长无显著影响,可能是该藻中有磷储藏库。

2.4 不同浓度培养基对冈村枝管藻盘状体生长的影响

表 5 可见,不同浓度培养基培养冈村枝管藻盘状体的生长趋势各不相同,其中以 1/2Provasoli 培

培养基培养时,盘状体生长最快;其次为 1/4Provasoli、1/8Provasoli、Provasoli、2 Provasoli 培养基。3 d 时,各组的生长都比较平稳,但 Provasoli 和 2 Provasoli 培养基时,盘状体的生长缓慢;3 d 以后,各组都表现

出快速的生长趋势;到 7 d,1/2Provasoli 培养基下盘状体直径增长快于 1/8Provasoli 和 1/4Provasoli 培养基下盘状体的直径,并明显快于 Provasoli 和 2 Provasoli培养基时。

表 5 不同浓度培养基对冈村枝管藻盘状体生长的影响

Tab.5 Effects of different concentration media on the growth of *C. okamuranus* disc

培养时间(d)	冈村枝管藻盘状体直径(μm)				
	1/8Provasoli	1/4Provasoli	1/2Provasoli	Provasoli	2Provasoli1
1	4.0±0.1 ^a	3.9±0.1 ^a	3.9±0.1 ^a	4.0±0.0 ^a	4.1±0.1 ^a
2	4.9±0.1 ^a	5.1±0.1 ^a	4.8±0.1 ^a	4.5±0.2 ^a	4.6±0.3 ^a
3	5.6±0.2 ^b	6.0±0.2 ^b	5.6±0.3 ^b	4.8±0.2 ^a	4.9±0.2 ^a
4	8.4±0.1 ^{bc}	7.4±0.3 ^a	8.8±0.2 ^c	8.0±0.2 ^{ab}	7.4±0.2 ^a
5	12.0±0.1 ^b	12.0±0.2 ^b	12.4±0.1 ^b	10.6±0.4 ^a	11.0±0.4 ^a
6	17.2±0.3 ^b	17.6±0.2 ^b	18.8±0.2 ^c	15.6±0.4 ^a	15.2±0.3 ^a
7	22.0±0.4 ^c	20.8±0.4 ^b	22.4±0.5 ^c	19.6±0.2 ^a	19.2±0.3 ^a
8	25.0±0.6 ^{bc}	25.2±0.7 ^{bc}	26.0±0.7 ^c	23.6±0.4 ^{ab}	23.2±0.6 ^{ab}

在大规模工厂化微藻培养过程中,需要有一个适宜的营养盐添加量,既能保证藻类的快速生长并在最短的时间内达到高密度的采苗量,又要降低药品使用量、节约成本^[21];由于藻类在不同生长期和不同环境条件下,对营养盐有不同的吸收效率,因此根据藻类不同的培养条件,可以选择不同的培养基^[22]。

本研究表明,以 1/2Provasoli 培养基为佳;不同浓度的培养基对冈村枝管藻的影响较大,低浓度的营养盐只能维持短时间的生长,而高浓度的营养盐

在生长初期不利于冈村枝管藻的生长,这与高浓度的硝酸铵的生长抑制作用有关。

2.5 维生素 B₁₂、复合维生素对冈村枝管藻盘状体生长的影响

表 6、7 显示,维生素 B₁₂ 和复合维生素对冈村枝管藻盘状体的生长有一定的促进作用,但作用并不明显;高质量浓度的维生素 B₁₂ 和复合维生素对其没有毒性,但会抑制盘状体直径的增长。

表 6 维生素 B₁₂对冈村枝管藻盘状体生长的影响

Tab.6 Effects of Vitamin B₁₂ on the growth of *C. okamuranus* disc

培养时间(d)	冈村枝管藻盘状体直径(μm)				
	维生素 B ₁₂ 质量浓度(mg/L)				
	0	0.1	1	10	100
1	3.9±0.1 ^a	4.0±0.0 ^a	4.1±0.1 ^a	4.0±0.1 ^a	3.9±0.1 ^a
2	6.0±0.2 ^a	5.9±0.1 ^a	6.3±0.2 ^a	6.0±0.2 ^a	5.5±0.1 ^a
3	8.1±0.5 ^{bc}	7.6±0.2 ^b	9.1±0.4 ^c	8.1±0.4 ^{bc}	6.5±0.3 ^a
4	11.7±0.2 ^c	11.6±0.4 ^c	13.3±0.4 ^d	9.7±0.3 ^b	8.7±0.3 ^a
5	15.6±0.3 ^b	16.0±0.3 ^b	17.2±0.4 ^c	16.9±0.3 ^c	12.5±0.3 ^a
6	20.8±0.3 ^b	22.1±0.4 ^c	22.9±0.4 ^c	21.9±0.4 ^{bc}	15.5±0.5 ^a
7	24.0±0.4 ^b	29.3±0.4 ^e	28.0±0.4 ^d	25.6±0.5 ^c	16.5±0.3 ^a
8	28.3±0.6 ^b	34.7±0.6 ^d	33.6±0.6 ^d	31.7±0.6 ^c	20.5±0.3 ^a

表 7 复合维生素对冈村枝管藻盘状体生长的影响
Tab.7 Effects of multiple Vitamin on the growth of *C. okamuranus* disc

培养时间(d)	冈村枝管藻盘状体直径(μm)				
	复合维生素添加量(μL)				
	0	10	100	1 000	10 000
1	3.9±0.1 ^a	4.0±0.1 ^a	4.1±0.0 ^a	4.0±0.1 ^a	3.9±0.1 ^a
2	5.0±0.1 ^a	5.0±0.2 ^a	4.9±0.1 ^a	4.8±0.1 ^a	4.9±0.1 ^a
3	5.6±0.3 ^a	5.7±0.3 ^a	5.8±0.3 ^a	5.5±0.2 ^a	5.6±0.2 ^a
4	7.4±0.3 ^a	9.4±0.3 ^c	8.4±0.2 ^b	8.4±0.1 ^b	8.2±0.2 ^b
5	12.0±0.2 ^b	12.2±0.1 ^b	12.0±0.2 ^b	10.8±0.3 ^a	12.4±0.4 ^b
6	17.2±0.3 ^{ab}	17.6±0.4 ^b	16.8±0.4 ^{ab}	16.0±0.4 ^a	18.0±0.5 ^b
7	22.4±0.5 ^a	25.7±0.4 ^c	22.0±0.5 ^a	21.6±0.5 ^a	23.2±0.5 ^{ab}
8	26.0±0.5 ^{bc}	32.0±0.6 ^d	26.8±0.5 ^c	24.8±0.7 ^{ab}	23.4±0.3 ^a

Uchida 等^[23]研究表明复合维生素对冈村枝管藻原生质体的再生有一定的促进作用;维生素 B₁ 和维生素 B₁₂ 是一些海洋浮游藻类人工培养基的重要添加组分而在实验室及大规模藻类培养中广泛应用^[24]。本研究显示,在培养液中添加维生素 B₁ 和维生素 B₁₂ 会对冈村枝管藻盘状体的生长有些微小的促进作用,其促进生长作用与维生素 B₁ 和维生素 B₁₂ 的浓度有一定的关联。因此,维生素 B₁、维生素 B₁₂ 和生物素可作为冈村枝管藻人工培养基的添加组分。

近些年由于陆源污染物对海洋的污染日趋严重,同时随着海水养殖业的迅猛发展,对其近海生态环境的负面影响也日益严重,综合治理已提上议事日程^[25]。国内外学者普遍认为养殖大型海藻是吸收、利用营养物质、延缓水域富营养化的有效措施之一^[18,26]。因此研究海藻营养代谢的基本特征及其与环境因子之间的相互关系,对大型经济海藻的开发、利用和海洋环境保护有十分重要的意义。

参考文献:

[1] Shinmura I, Yamanaka K. Studies on the cultivation of an edible brown alga, *Cladosiphon okamuranus* I. The season for seeding of zoospore and its growth [J]. *Bull Jap Soc Sc Fish*, 1974, **40**(9): 895-902.

[2] Lovell E R. Survey of limu tonga'u(*Cladosiphon* sp.) in tongatapu, Ha'apai and Vava'u Islands in Tonga; Observations on growth in December 1996, 1997. [M]. Suva(Fiji);**South Pacific Aquaculture Development Proj(Phase II)**, 1997.

[3] 王静凤, 张学成. 枝管藻(*Cladosiphon okamuranus*)多糖对荷 S₁₈₀ 小鼠的作用 [J]. 中国海洋药物, 2002, 6: 16-19.

[4] 王静凤, 张学成, 姜国良, 等. 枝管藻多糖的提取及其抗凝血活性的初步研究 [J]. 青岛海洋大学学报,

2003, **33**(1): 75-79.

[5] 王静凤, 张学成, 田树川, 等. 枝管藻多糖对实验性大鼠高脂血和过氧化水平的影响 [J]. 中国海洋药物, 2003, **22**(3): 28-32.

[6] 张学成, 郑兰红, 刘素文, 等. 一种新型经济海藻——冈村枝管藻 [J]. 中国海洋大学学报, 2004, **34**(5): 807-810.

[7] 许忠能, 林小涛, 林继辉, 等. 营养盐因子对细基江蓠繁枝变种氮、磷吸收速率的影响 [J]. 生态学报, 2002, **22**(3): 366-374.

[8] 马志珍. 氮源及其浓度对三角褐指藻生长的影响 [J]. 海洋湖沼通报, 1983, 2: 45-50.

[9] 李雅娟, 王起华. 氮、磷、铁、硅营养盐对底栖硅藻生长速率的影响 [J]. 大连水产学院学报, 1998, **13**(4): 7-14.

[10] 梁英, 麦康森, 孙世春, 等. 硝酸钠浓度对三角褐指藻(*P. tricornutum*) MACC/B226 生长及脂肪酸组成的影响 [J]. 海洋科学, 2002, **26**(5): 48-51.

[11] Lobban C S, Harrison P J. *Seaweed Ecology and Physiology* [M]. Cambridge, England: **Cambridge University Press**, 1996.

[12] 张英, 蔡明刚, 齐安翔, 等. 维生素 B₁、B₁₂ 在雨生红球藻不同培养阶段的作用研究 [J]. 2002, **43** (B08): 142-146.

[13] 郑兰红, 张学成, 汤晓荣. 温度、光照、盐度和 pH 对冈村枝管藻盘状体生长发育的影响 [J]. 海洋与湖沼, 2006, **37**(增刊): 34-40.

[14] Provasoli L. Media and prospects of the cultivation of marine algae [J]. *Jap Soc Plant Physiol*, 1968, 63-75.

[15] Touchette B W, Burkholder J M. Review of nitrogen and phosphorus metabolism in seagrasses [J]. *J Exp Mar Bio Ecol*, 2000, **250**(1-2): 133-167.

[16] Pedersen M F, Paling E I, Walker D I. Nitrogen uptake and allocation in the seagrass *Amphibolis antarctica* [J]. *Aquatic Bot*, 1997, 56: 105-117.

[17] Naldi M, Wheeler P A. Changes in nitrogen pools in

- Ulva fenestrata* and *Gracilaria pacifica* under nitrate and ammonium enrichment [J]. **J Phycol**, 1999, 35: 70-77.
- [18] Ahn O, Petrell R J, Haarison P. Ammonium and nitrate up take by *Laminaria saccharina* and *Nereocystis luetkeana* originating from a Salmon sea cage farm [J]. **J Appl Phycol**, 1998, 10: 333-340.
- [19] Lundberg P, Weich R G, Jansen P, *et al.* ³¹P and ¹⁴N NMR studies of the up take of phosphorus and nitrogen compounds in the marine macroalgae *Ulva lactuca* [J]. **Plant Physiol**, 1989, 89: 1 380-1 387.
- [20] Rhee G Y. Effects of N:P atomic ratios and nitrate limitation on algal growth, cell composition, and nitrate uptake [J]. **Limnol Oceanogr**, 1978, 23: 10-25.
- [21] 梁英, 麦康森, 孙世春, 等. 不同培养基对筒柱藻 *Cylindrotheca fusiformis* 生长及脂肪酸组成的影响 [J]. 海洋湖沼通报, 2000, 1: 60-67.
- [22] Zevenboom W. Ecophysiology of nutrient uptake, photosynthesis and growth [A]. Platt T, Li W K W. Photosynthetic Picoplankton [C]. Ottawa, Canada, 214: Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Sciences, 1986. 391-422.
- [23] Uchida T, Arima S. Regeneration of protoplasts isolated from the sporophyte of *Cladosiphon okamuranus* Tokida (Chordariceae, Phaeophyta) [J]. **Jap Phycol**, (SORUI), 1992, 40: 261-266.
- [24] 陈明耀. 生物饵料培养 [M]. 北京: 农业出版社, 1995. 65-71.
- [25] Naylor R L. Nature's subsidies to shrimp and farming [J]. **Science**, 1998, 282: 883-884.
- [26] 董双林, 李德尚, 潘克厚, 等. 论海水养殖的养殖容量 [J]. 青岛海洋大学学报. 1998, 28(2): 245-250.

Effects of nitrogen, phosphorus and vitamin on the growth of *Cladosiphon okamuranus* Disc

ZHENG Lan-hong^{1,2}, ZHANG Xue-cheng¹, ZHU Qing-hua¹

(1. College of Marine Life Sciences, Ocean University of China, Qingdao 266003, China; 2. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Science, Qingdao 266071, China)

Received: Mar. , 10, 2009

Key words: *Cladosiphon okamuranus* disc; nitrogen; phosphorus; vitamin; growth

Abstract: The brown alga *Cladosiphon okamuranus* Tokida which was an economically important species and is cultivated along the coasts of Japan's southwestern islands was studied in this paper. The effects of nitrogen, phosphorus and vitamins on the growth of *C. okamuranus* disc were investigated. Measuring the diameter of *C. okamuranus* disc everyday, the measurement results was analyzed by SPSS13.0. The investigation showed that *C. okamuranus* could get the better growth rate when NH₄NO₃ was used as a nitrogen resource, the apt range of nitrogen resource was from 0.3 mmol/L to 0.6 mmol/L, in case of different concentrations of phosphorus, with 1/2 Provasoli medium. VitaminB₁, VitaminB₁₂ and Biotin could increase the growth rate when increased to some content.

(本文编辑: 张培新)