

目录

学校编码: 10384  
学号: B200226020

分类号 \_\_\_\_\_ 密级 \_\_\_\_\_  
UDC \_\_\_\_\_

厦 门 大 学  
博 士 学 位 论 文

基于有害赤潮消控的  
抑藻功能微生物资源的挖掘与研究

Discovery and Research on  
Functional Microbial Resource for HABs Control

苏建强

指导教师姓名: 郑天凌 教授

专业名称: 微生物学

论文提交日期: 2006年11月28日

论文答辩时间: 2006年11月20日

学位授予日期:

答辩委员会主席: 李少菁 教授

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2006年11月

## 厦门大学学位论文原创性声明

兹提交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文而产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日



<b>摘 要</b> .....	<b>1</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>3</b>
<b>第一章 前言</b> .....	<b>5</b>
<b>1 赤潮的危害及成因</b> .....	<b>5</b>
1.1 赤潮的危害.....	5
1.2 赤潮的成因.....	5
<b>2 赤潮发生趋势及赤潮科学研究进展</b> .....	<b>6</b>
2.1 赤潮发生趋势.....	6
2.2 赤潮科学研究进展.....	8
<b>3 赤潮的防治</b> .....	<b>9</b>
3.1 赤潮预防.....	9
3.2 赤潮预报预测.....	9
3.3 赤潮治理.....	10
<b>4 藻菌关系研究进展</b> .....	<b>11</b>
4.1 细菌改善赤潮生物的营养盐供应.....	12
4.2 细菌在赤潮消亡过程中的作用.....	12
4.3 藻际微生物群落对藻菌关系的影响.....	16
4.4 国内藻菌关系研究概况.....	17
<b>5 环境微生物基因组学</b> .....	<b>17</b>
5.1 环境微生物多样性.....	17
5.2 环境微生物基因组文库.....	17
<b>6 本论文的研究内容及意义</b> .....	<b>18</b>
6.1 东海赤潮区.....	18
6.2 塔玛亚历山大藻.....	19
6.3 论文的研究目的、内容及意义.....	20
<b>第二章 材料与方<b>法</b></b> .....	<b>21</b>
<b>1 材料</b> .....	<b>21</b>
1.1 藻种.....	21

1.2 样品 .....	21
1.3 菌株、质粒和载体 .....	21
1.4 试剂盒 .....	22
1.5 工具酶 .....	23
1.6 主要试剂 .....	23
1.7 滤膜 .....	23
1.8 主要仪器 .....	23
1.9 引物 .....	23
1.10 主要软件 .....	24
1.11 培养基 .....	24
1.12 主要溶液 .....	25
<b>2 基本方法 .....</b>	<b>27</b>
2.1 革兰氏染色法 .....	27
2.2 菌株的电镜观察 .....	28
2.3 细菌基因组 DNA 制备 .....	28
2.4 藻培养液总 DNA 制备 .....	28
2.5 16S rRNA 基因片段的 PCR 扩增 .....	28
2.6 PCR 产物纯化 .....	29
2.7 PCR 产物与 T-vector 连接 .....	29
2.8 感受态细胞的制备 .....	29
2.9 转化 .....	30
2.10 质粒的小量制备 .....	30
2.11 质粒快速鉴定 .....	31
2.12 核酸内切酶酶切反应 .....	31
2.13 从琼脂糖凝胶上回收 DNA .....	31
2.14 DNA 定量 .....	31
2.15 藻培养液 $\beta$ -葡萄糖苷酶 ( $\beta$ -GlcA) 的活性测定 .....	32
2.16 蛋白质的 SDS 聚丙烯酰胺电泳 .....	32
2.17 SDS 聚丙烯酰胺凝胶染色 .....	32
<b>3 藻类生长的检测 .....</b>	<b>33</b>
3.1 藻细胞计数 .....	33

3.2 塔玛亚历山大藻荧光光谱测量 .....	33
3.3 荧光光度法检测藻细胞密度 .....	33
<b>4 塔玛亚历山大藻培养液微生物群落结构分析.....</b>	<b>33</b>
4.1 藻培养液 16S rDNA 文库构建 .....	33
4.2 文库中阳性克隆子筛选及 RFLP 分析 .....	34
<b>5 无菌藻的制备.....</b>	<b>34</b>
5.1 藻培养液中细菌的分离及其抗生素敏感性 .....	34
5.2 藻培养液除菌 .....	34
5.3 无菌检验 .....	35
<b>6 杀藻细菌的分离和初筛.....</b>	<b>36</b>
6.1 细菌分离 .....	36
6.2 抑藻细菌的筛选 .....	36
<b>7 细菌杀藻过程及条件.....</b>	<b>36</b>
7.1 杀藻细菌杀藻条件初探 .....	36
7.2 杀藻细菌 SP48 杀藻过程 .....	36
7.3 菌株 SP48 杀藻过程中藻、菌的种群动态 .....	37
7.4 菌株 SP48 培养液滤液杀藻活性的热稳定性 .....	37
7.5 菌株 SP48 培养液滤液在酸性或碱性环境下的杀藻活性 .....	38
7.6 不同生长条件对菌株 SP48 杀藻活性的影响 .....	38
7.7 菌株 SP48 对其它典型赤潮藻生长的影响 .....	38
<b>8 杀藻细菌生理生化特性、分子鉴定和系统发育分析.....</b>	<b>38</b>
8.1 生理生化特性 .....	38
8.2 菌株 SP48 碳源利用 .....	38
8.3 菌株 SP48 对不同抗生素的敏感性 .....	38
8.4 菌株 SP48 生长的最适 pH、温度、盐度 .....	38
8.5 分子鉴定及系统发育分析 .....	39
<b>9 小片段 (4-10 kb) 基因组文库构建及抑藻活性克隆子的筛选.....</b>	<b>39</b>
9.1 用于构建文库的样品来源 .....	39
9.2 环境基因组 DNA 提取 .....	39
9.3 基因组 DNA 大片段的纯化 .....	40
9.4 基因组 DNA 不完全酶切 .....	40

9.5 4-10 kb 片段回收.....	40
9.6 质粒提取.....	40
9.7 质粒酶切.....	40
9.8 线性质粒 DNA 回收.....	40
9.9 线性质粒 DNA 去磷酸化.....	40
9.10 载体与目的 DNA 连接.....	41
9.11 感受态细胞制备及转化.....	41
9.12 基因组文库的保存和评估.....	41
9.13 抑藻活性克隆子的筛选及分析.....	42
<b>第三章 结果与分析.....</b>	<b>44</b>
<b>1 荧光光度法监测塔玛亚历山大藻的生长.....</b>	<b>44</b>
1.1 塔玛亚历山大藻荧光光谱扫描.....	44
1.2 荧光分光光度法监测藻细胞密度.....	44
<b>2 塔玛亚历山大藻培养液微生物群落组成分析.....</b>	<b>45</b>
2.1 藻培养液 16S rDNA 文库构建.....	45
2.2 16S rDNA 文库阳性克隆子筛选及 RFLP 分析.....	48
2.3 塔玛亚历山大藻培养液微生物多样性分析.....	49
<b>3 无菌藻的制备.....</b>	<b>53</b>
3.1 藻培养液细菌分离及其对抗生素敏感性.....	53
3.2 无菌检验.....	53
<b>4 细菌分离及杀藻细菌的筛选.....</b>	<b>56</b>
4.1 细菌分离.....	56
4.2 杀藻细菌的筛选.....	56
<b>5 细菌杀藻过程.....</b>	<b>56</b>
5.1 杀藻细菌的杀藻方式.....	56
5.2 菌株 SP48 杀藻过程.....	57
5.3 菌株 SP48 杀藻活性的热稳定性及耐酸、碱性.....	66
5.4 菌株 SP48 在不同生长条件下的杀藻活性.....	68
5.5 菌株 SP48 杀藻活性的种属特异性.....	68
<b>6 杀藻细菌的细菌学鉴定.....</b>	<b>68</b>

6.1 形态特征 .....	68
6.2 生理生化特征 .....	69
6.3 菌株 SP48 碳源利用情况 .....	69
6.4 菌株 SP48 抗生素敏感性 .....	69
6.5 菌株 SP48 生长的最适温度、pH 和盐度 .....	71
6.5 16S rDNA 鉴定及系统发育分析 .....	73
<b>7 基因组 (4-10 kb) 文库构建 .....</b>	<b>76</b>
7.1 原位裂解法提取环境样品基因组 DNA .....	76
7.2 目的 DNA 及载体 DNA 的制备 .....	76
7.3 文库构建 .....	76
7.4 基因组文库的评价 .....	78
<b>8 抑藻活性克隆分析 .....</b>	<b>79</b>
8.1 抑藻克隆子筛选结果、质粒提取和酶切 .....	79
8.2 克隆子杀藻实验 .....	79
8.3 抑藻克隆子诱导表达 .....	80
<b>第四章 讨论 .....</b>	<b>83</b>
1 塔玛亚历山大藻细胞计数方法的比较 .....	83
2 塔玛亚历山大藻培养液微生物群落组成比较分析 .....	84
3 藻类纯培养体系的制备 .....	86
4 杀藻细菌的种类 .....	87
5 杀藻细菌的作用机制 .....	88
5.1 杀藻细菌的作用方式 .....	88
5.2 杀藻物质 .....	89
5.3 种属特异性 .....	89
6 菌株 SP48 的特性 .....	90
7 环境基因组文库的构建及抑藻克隆的筛选 .....	90
<b>第五章 结论与展望 .....</b>	<b>92</b>
1 结论 .....	92
2 展望 .....	93
<b>参考文献 .....</b>	<b>94</b>



附录.....	104
附录一 参与的科研课题、发表和待发表的学术论文.....	104
附录二 载体图谱.....	105
附录三 DNA 分子量标准.....	108
附录四 细菌电镜照片.....	109
附录五 GN2 板碳源.....	113
附录六 缩略语对照表.....	114
致 谢.....	115

厦门大学博硕士论文摘要库

<b>Chinese abstract .....</b>	<b>1</b>
<b>English abstract.....</b>	<b>3</b>
<b>Chapter 1 Introduction.....</b>	<b>5</b>
<b>1 Influence and cause of red-tide.....</b>	<b>5</b>
1.1 Influence of red-tide .....	错误！未定义书签。
1.2 Cause of red-tide.....	错误！未定义书签。
<b>2 Current status and advance in red-tide research .....</b>	<b>6</b>
2.1 Current status of red-tide .....	错误！未定义书签。
2.2 Advance in red-tied research .....	错误！未定义书签。
<b>3 Prevention and management of red-tide .....</b>	<b>9</b>
3.1 Prevention of red-tide .....	错误！未定义书签。
3.2 Prediction of red-tide.....	错误！未定义书签。
3.3 Management of red-tide .....	错误！未定义书签。
<b>4 Advance in the study on the interactions between bacteria and alga .....</b>	<b>11</b>
4.1 Nutrient supplement by bacteria.....	错误！未定义书签。
4.2 The role of bacteria in the declination of red-tide .....	错误！未定义书签。
4.3 Effects of associated bacteria flora on the bacteria-alga interactions.....	错误！未定义书签。
4.4 Relative research on bacteria-alga interactions in China.....	错误！未定义书签。
<b>5 Environmental microbial genomics .....</b>	<b>17</b>
5.1 Environmental microbial diversity .....	错误！未定义书签。
5.2 Genomic library of environmental microbes.....	错误！未定义书签。
<b>6 Significance of this study.....</b>	<b>18</b>
6.1 Donghai Sea Area .....	错误！未定义书签。
6.2 <i>Alexandrium tamarense</i> .....	错误！未定义书签。
6.3 Aim and Significance of this study.....	错误！未定义书签。
<b>Chapter 2 Materials and methods .....</b>	<b>21</b>
<b>1 Materials.....</b>	<b>21</b>
1.1 Algal species .....	错误！未定义书签。
1.2 Samples.....	错误！未定义书签。

1.3 <i>E. coli</i> , plasmids and vectors .....	错误! 未定义书签。
1.4 Kits .....	错误! 未定义书签。
1.5 Enzymes .....	错误! 未定义书签。
1.6 Reagents .....	错误! 未定义书签。
1.7 Filter membranes .....	错误! 未定义书签。
1.8 Apparatus .....	错误! 未定义书签。
1.9 Primers .....	错误! 未定义书签。
1.10 Softs .....	错误! 未定义书签。
1.11 Media .....	错误! 未定义书签。
1.12 Solutions .....	错误! 未定义书签。
<b>2 Methods .....</b>	<b>27</b>
2.1 Gram stain .....	错误! 未定义书签。
2.2 Electronic microscopical observation of bacteria .....	错误! 未定义书签。
2.3 Preparing of bacterial genomic DNA .....	错误! 未定义书签。
2.4 Preparing of total DNA of <i>Alexandrium tamarense</i> cultrues .....	错误! 未定义书签。
2.5 PCR amplification of 16S rRNA gene .....	错误! 未定义书签。
2.6 Purification of PCR products .....	错误! 未定义书签。
2.7 Ligation of PCR products and T-vector .....	错误! 未定义书签。
2.8 Preparing of competent cells .....	错误! 未定义书签。
2.9 Transformation .....	错误! 未定义书签。
2.10 Mini preparation of plasmids .....	错误! 未定义书签。
2.11 Rapid identification of recombinant plasmids .....	错误! 未定义书签。
2.12 Restriction enzymes digenstion .....	错误! 未定义书签。
2.13 Recovery of DNA from agarose gel .....	错误! 未定义书签。
2.14 Quantification of DNA .....	错误! 未定义书签。
2.15 Determination of $\beta$ -GlcA .....	错误! 未定义书签。
2.16 SDS-PAGE of protein .....	错误! 未定义书签。
<b>3 Monitoring of algal growth .....</b>	<b>33</b>
3.1 Microscopical direct count of algal cells .....	错误! 未定义书签。

3.2	Fluorescent spectrum of <i>Alexandrium tamarense</i> cultures	错误!未定义书签。
3.3	Determination of algal cell density by fluorospectrophotometry	错误!未定义书签。
<b>4</b>	<b>Analysis of microbial community in <i>Alexandrium tamarense</i> cultures</b>	<b>33</b>
4.1	Construction of 16S rDNA library	错误!未定义书签。
4.2	RFLP analysis of 16S rDNA library	错误!未定义书签。
<b>5</b>	<b>Preparation of axenic <i>Alexandrium tamarense</i> cultures</b>	<b>34</b>
5.1	Antibiotics sensitivity of bacterial isolates	错误!未定义书签。
5.2	Elimination of bacteria from <i>Alexandrium tamarense</i> cultures	错误!未定义书签。
5.3	Axenic test	错误!未定义书签。
<b>6</b>	<b>Isolation and screening of algicidal bacteria</b>	<b>36</b>
6.1	Isolation of bacteria	错误!未定义书签。
6.2	Screen of algicidal bacteria	错误!未定义书签。
<b>7</b>	<b>Algicidal process</b>	<b>36</b>
7.1	Mode of algicidal activity	错误!未定义书签。
7.2	Algicidal process of bacterial strain SP48	错误!未定义书签。
7.3	Population dynamic of strain SP48 and <i>Alexandrium tamarense</i>	错误!未定义书签。
7.4	Heat stability of algicidal activity of strain SP48	错误!未定义书签。
7.5	Algicidal activity of strain SP48 under different pH	错误!未定义书签。
7.6	Effects of growth condition on the algicidal activity of strain SP48	错误!未定义书签。
7.7	Effects of strain SP48 on the growth of other red-tide species	错误!未定义书签。
<b>8</b>	<b>Characterization of algicidal bacteria</b>	<b>38</b>
8.1	Physiological character	错误!未定义书签。
8.2	Biolog test of strain SP48	错误!未定义书签。
8.3	Antibiotics sensitivity of strain SP48	错误!未定义书签。
8.4	Optimal pH, temperature and salinity for the growth of strain SP48	错误!未定义书签。

定义书签。	
8.5 Phylogenetic analysis of algicidal bacteria.....	错误! 未定义书签。
<b>9 Construction of genomic library and screening of algicidal clones .....</b>	<b>39</b>
9.1 Samples.....	错误! 未定义书签。
9.2 Preparing of environmental genomic DNA.....	错误! 未定义书签。
9.3 Purification of genomic DNA .....	错误! 未定义书签。
9.4 Incomplete digestion of genomic DNA.....	错误! 未定义书签。
9.5 Recovery of 4-10 kb DNA .....	错误! 未定义书签。
9.6 Preparing of plasmid.....	错误! 未定义书签。
9.7 Digestion of plasmid.....	错误! 未定义书签。
9.8 Recovery of linear plasmid DNA .....	错误! 未定义书签。
9.9 Dephosphorylation of plasmid DNA.....	错误! 未定义书签。
9.10 Ligation of vector and target DNA.....	错误! 未定义书签。
9.11 Preparing of competent cells and transformation .....	错误! 未定义书签。
9.12 Preservation and evaluation of genomic library.....	错误! 未定义书签。
9.13 Screen and analysis of algicidal clones .....	错误! 未定义书签。
<b>Chapter 3 Results .....</b>	<b>44</b>
<b>1 Monitoring of algal growth by fluorospectrophotometry .....</b>	<b>44</b>
1.1 Fluorescent spectrum of <i>Alexandrium tamarense</i> cultures.....	错误! 未定义书签。
1.2 Determination of algal cell density by fluorospectrophotometry.....	错误! 未定义书签。
<b>2 Microbial diversity of <i>Alexandrium tamarense</i> cultures.....</b>	<b>45</b>
2.1 Construction of 16S rDNA library .....	错误! 未定义书签。
2.2 RFLP analysis of 16S rDNA library.....	错误! 未定义书签。
2.3 Microbial diversity of <i>Alexandrium tamarense</i> cultures.....	错误! 未定义书签。
<b>3 Preparation of axenic <i>Alexandrium tamarense</i> cultures .....</b>	<b>53</b>
3.1 Antibiotics sensitivity of bacterial isolates .....	错误! 未定义书签。
3.2 Axenic test .....	错误! 未定义书签。
<b>4 Isolation and screening of algicidal bacteria.....</b>	<b>56</b>
4.1 Isolation of bacteria .....	错误! 未定义书签。

4.2 Screen of algicidal bacteria .....	错误! 未定义书签。
<b>5 Algicidal process .....</b>	<b>56</b>
5.1 Mode of algicidal activity .....	错误! 未定义书签。
5.2 Algicidal process of bacterial strain SP48 .....	错误! 未定义书签。
5.3 Heat stability of algicidal activity of strain SP48 .....	错误! 未定义书签。
5.4 Algicidal activity of strain SP48 under different pH ....	错误! 未定义书签。
5.5 Species specific of strain SP48 .....	错误! 未定义书签。
<b>6 Identification of algicidal bacteria .....</b>	<b>68</b>
6.1 Morphology .....	错误! 未定义书签。
6.2 Physiological charater .....	错误! 未定义书签。
6.3 Biolog test of strain SP48 .....	错误! 未定义书签。
6.4 Antibiotics sensitivity of strain SP48 .....	错误! 未定义书签。
6.5 Optimal pH, temperature and salinity for the growth of strain SP48	错误! 未定义书签。
6.5 Phylogenetic analysis of algicidal bacteria.....	错误! 未定义书签。
<b>7 Construction of genomic library .....</b>	<b>76</b>
7.1 DAN extraction of environmental DNA .....	错误! 未定义书签。
7.2 Preparing of target DNA and vector .....	错误! 未定义书签。
7.3 Construction of genomic library .....	错误! 未定义书签。
7.4 Evaluation of genomic library .....	错误! 未定义书签。
<b>8 Analysis of algicidal clones.....</b>	<b>79</b>
8.1 Screen of algicidal clones and analysis of recombinant plasmid	错误! 未定义书签。
8.2 Algicidal activity of screened clones .....	错误! 未定义书签。
8.3 IPTG induction of algicidal clones .....	错误! 未定义书签。
<b>Chapter 4 Discussion.....</b>	<b>83</b>
<b>1 Comparison on cell count methods .....</b>	<b>83</b>
<b>2 Comparison of microbial diversity of algal cultures .....</b>	<b>84</b>
<b>3 Pure algal cultures .....</b>	<b>86</b>
<b>4 Species of algicidal bacteria .....</b>	<b>87</b>
<b>5 Mechanism of algicidal activity .....</b>	<b>88</b>

5.1 Mode of algicidal activity.....	错误！未定义书签。
5.2 Algicidal substances .....	错误！未定义书签。
5.3 Species specific .....	错误！未定义书签。
<b>6 Charaterization of algicial isolate <i>Pseudoaltermonas</i> sp. SP48 .....</b>	<b>90</b>
<b>7 Genomic library and algicidal clones .....</b>	<b>90</b>
<b><u>Chapter 5 Conclusions and Future directions</u>.....</b>	<b>92</b>
<b>1 Conclusions .....</b>	<b>92</b>
<b>2 Future directions.....</b>	<b>93</b>
<b>References .....</b>	<b>94</b>
<b>Appendix .....</b>	<b>104</b>
<b>1 Funds and papers .....</b>	<b>104</b>
<b>2 Vectors .....</b>	<b>105</b>
<b>3 DNA markers .....</b>	<b>108</b>
<b>4 Electronic microscopical photos of bacteria .....</b>	<b>109</b>
<b>5 GN2 MicroPlate .....</b>	<b>113</b>
<b>6 Abbreviations .....</b>	错误！未定义书签。
<b>Acknowledgements.....</b>	<b>115</b>

# 基于有害赤潮消控的抑藻功能微生物资源的挖掘与研究

## 摘要

赤潮是一种严重的全球性海洋灾害，近年来赤潮发生次数增多，发生区域扩大，赤潮危害加剧。海洋细菌由于其本身的种群多样性、生理生化多样性、生态功能多样性、遗传特征多样性等特点以及同赤潮藻错综复杂的生态关系，在赤潮生消过程中有着极其重要的作用；而近年来细菌杀藻现象的发现为微生物防治赤潮提供了可能途径，从而菌藻关系研究已经成为当前赤潮研究的重点和热点。

本论文研究了一株有毒甲藻——塔玛亚历山大藻培养液细菌群落组成；改良了藻培养液除菌技术；从东海赤潮区分离并筛选到几株能杀死塔玛亚历山大藻的海洋细菌，研究了细菌杀藻的方式；构建了东海赤潮区海水、沉积物样品和红树林区沉积物样品的小片段基因组文库，并进行抑藻克隆子的筛选；获得的主要结果如下：

1. 构建了塔玛亚历山大藻培养液中的细菌 16S rDNA 文库，研究其细菌群落组成。RFLP 分析表明文库中的克隆子分为 13 个谱型，分别对各谱型代表克隆子序列分析，结果表明塔玛亚历山大藻培养液中细菌分属于 12 属，主要为变形细菌（61.5%），其中  $\gamma$ -Proteobacteria 占 30.8%， $\alpha$ -Proteobacteria 占 23.1%， $\beta$ -Proteobacteria 占 7.6%；拟杆菌门（Bacteroidetes, 23.1%）细菌和放线菌门（Actinobacteria, 7.6%）细菌。
2. 有效的改良了塔玛亚历山大藻培养液除菌技术。通过对塔玛亚历山大藻重复洗涤、溶菌酶/SDS 处理和抗生素处理，尝试除去了塔玛亚历山大藻培养液中的细菌。通过细菌培养、荧光显微镜观察以及 16S rDNA 扩增等方法对处理后的藻培养液进行无菌检验，结果均表明没有细菌的存在；同时，我们连续监测了整个生长周期及其后的连续三代培养物，同样也未检测到细菌。这样我们成功的获得了一株无菌的塔玛亚历山大藻培养液。该法较为有效且耗时较少，获得的无菌塔玛亚历山大藻可以在实验室基本培养条件下保存，并进行下一步研究。
3. 从东海赤潮区分离并筛选到 8 株能杀死塔玛亚历山大藻的海洋细菌，这是有关塔玛亚历山大藻杀藻细菌的首次报导。筛选获得的各菌株均属于  $\gamma$  变形菌纲（ $\gamma$ -Proteobacteria），分属于 5 个属。其中菌株 SP31、SP44、SP48 属于假交替单胞菌属（*Pseudoalteromonas*）；菌株 DH12、DH46 属于交替单胞菌属（*Alteromonas*）；菌株 SP96 属于 *Idiomarina* 属；菌株 DH51 属于弧菌属（*Vibrio*）；菌株 DH77 属于盐单胞菌属（*Halomonas*）。这是首次发现 *Idiomarina* 属、盐单胞菌属（*Halomonas*）细菌具有杀藻活性。
4. 研究了菌株 SP48 的杀藻谱及方式。结果表明菌株 SP48 是通过间接方式杀死藻类，该菌在外加有机物（蛋白胨和酵母粉）的存在下可以杀死塔玛亚历山大藻。菌株 SP48 在 2216E 培养基中能产生杀藻物质，该物质不是某种酶类，热稳定，在 pH 3 时不稳定。菌株 SP48



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库