

热带雨林气候条件下澜沧江景洪至勐罕段微藻多样性研究

王天强^{*#}, 汪婷[#], 李陈婧, 李楠, 郭桂荣

楚雄师范学院资源环境与化学学院, 云南 楚雄

收稿日期: 2022年7月2日; 录用日期: 2022年8月1日; 发布日期: 2022年8月9日

摘要

本文为在热带雨林气候条件下研究澜沧江景洪至勐罕段水域的微藻多样性, 并且有针对性地调查了该区域内有毒微藻的种类情况。通过对研究区进行分段选择, 在该段水域的景洪告庄(起点)、橄榄坝农场三分场(中点)以及勐罕码头(终点)三个地点于春夏秋冬四季分别进行采样, 而后经过直接镜检以及水样富集后镜检的方式观察并记录水样中的微藻种类、数量及形态。综合数据得出, 共发现3门5纲14目21科30属34种的微藻。研究发现该水域中存在丰富的小球藻资源, 并且在该水域中发现了有毒微藻微囊藻, 这一发现有利于更好地开发和利用当地的微藻资源, 同时也为研究区内微藻防治打下坚实的基础。

关键词

微藻, 澜沧江, 勐罕, 景洪, 微生物, 多样性, 微囊藻

Study on Microalgae Diversity in Jinghong Menghan Section of Lancang River under Tropical Rain Forest Climate

Tianqiang Wang^{*#}, Ting Wang[#], Chenjing Li, Nan Li, Guirong Guo

School of Resources, Environment and Chemistry, Chuxiong Normal University, Chuxiong Yunnan

Received: Jul. 2nd, 2022; accepted: Aug. 1st, 2022; published: Aug. 9th, 2022

Abstract

The purpose of this paper is to study the microalgae diversity in the Jinghong Menghan section of

^{*}通讯作者。

[#]共同第一作者。

文章引用: 王天强, 汪婷, 李陈婧, 李楠, 郭桂荣. 热带雨林气候条件下澜沧江景洪至勐罕段微藻多样性研究[J]. 世界生态学, 2022, 11(3): 288-296. DOI: 10.12677/ije.2022.113032

Lancang River under the tropical rain forest climate, and to investigate the species of toxic microalgae in this area. Through the sectional selection of the study area, samples were taken in the four seasons of spring, summer, autumn and winter at the three sites of Jinghong Gaozhuang (starting point), olive dam farm (middle point) and Menghan Wharf (end point) in the water area, and then the species, quantity and morphology of microalgae in the water samples were observed and recorded through direct microscopic inspection and microscopic inspection after water sample enrichment. According to the comprehensive data, 34 species of microalgae belonging to 3 phyla, 5 classes, 14 orders, 21 families, 30 genera were found. It is found that there are abundant *Chlorella* resources in the water area, and toxic microalgae *Microcystis* are found in the water area. This discovery is conducive to the better development and utilization of local microalgae resources, and also lays a solid foundation for microalgae control in the study area.

Keywords

Microalgae, Lancang River, Menghan, Jinghong, Microorganism, Diversity, Microcystis

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

微藻是一种微小的生命体, 它结构简单, 生长迅速, 一般含有叶绿体, 因而可以进行光合作用制造有机物并将二氧化碳转化为氧气, 让水环境中的生态系统有序运行; 微藻的细胞代谢时会产生多糖、蛋白质、酯类等有机物, 因此在食品、医药、基因工程、美容等领域都具有较好的前景, 同时微藻具有可以在极端环境下生长并且分布广泛的生命特征, 这也使它在荒漠治理中具有比较重要的作用和地位[1]。

微藻是一种纯天然的营养物质, 不仅可以促进动物的生长, 还可以一定程度上防御疾病, 而且还可以净化水质; 一般来说, 化学只能合成反式的 β -胡萝卜素, 对人体有致癌、致畸的作用, 而微藻中则具有与其作用相反的 β -胡萝卜素, 可以防治癌症、抗辐射以及延缓衰老。除此之外, 微藻中的一些活性成分更加具有重要经济价值, 在医药、环保、饲料以及化工等领域都有着广泛的应用[2]。

总之, 随着我们社会生产力以及科技的发展, 我相信, 微藻的应用前景会更为广阔。

但任何东西都具备双面性。生活废水、工业污水随着河流和雨水冲刷进入沿海水体、湖泊等, 导致水中有害藻类增加, 植物疯长, 致使溶解氧下降, 进而导致水体透气性差, 甚至会出现无氧层。这样会使水生生物大量死亡, 引起水体发臭、水面发黑, 形成“死湖”、“死河”、“死海”等水体富营养化现象。除沿海水体和湖泊外, 内陆的一些水库水源区也同样监测到有毒微藻, 有毒微藻在地表水体中繁殖, 会大肆破坏水体的生态系统结构并且严重影响人类的饮用水安全。

为了在热带雨林气候条件下能够更好地利用微藻资源的优势以及有效防治有毒微藻造成的危害。本文研究对象选取澜沧江景洪至勐罕段水域。

澜沧江源头至河门高差 5000 多米, 立体气候明显, 流经区域气候类型复杂, 包括高原山地气候、亚热带季风气候、热带季风气候及热带雨林气候等气候类型。可开发利用的各类资源丰富, 且生物资源尤为丰富。在这样特殊的气候条件下, 微藻的种类以及数量在一定条件下会存在很大差别。

因此, 本文以西双版纳热带雨林气候为背景, 研究西双版纳区域内澜沧江景洪至勐罕段水域的微藻多样性: 一方面可以把握该水域内微藻种群、数量组成及变化规律, 充分开发和利用当地特有的微藻资

源, 另一方面也可以有针对性地分析研究区域内有毒微藻的种类情况, 为研究区微藻防治打下坚实的基础, 从而降低微藻给自然环境和人类健康带来的潜在风险。

2. 材料与方法

2.1. 材料

2.1.1. 仪器

本项目采用的仪器主要有光学显微镜(规格型号: 宁波舜宇 EX20 三目数码生物显微镜)、微藻光照培养箱、富集培养基[主要是液体 SE 培养基]。

2.1.2. 试剂

本次实验试剂为采集的水样和 SE 液体培养基。

1) SE 培养基所用的试剂如下表 1

Table 1. SE medium composition

表 1. SE 培养基成分

试剂名称	储备液浓度	添加量(ml/L)
NaNO ₃	25 g/100ml	1.0
K ₂ HPO ₄	7.5 g/100mL	1.0
MgSO ₄ ·7H ₂ O	7.5 g/100mL	1.0
CaCl ₂ ·2H ₂ O	2.5 g/100mL	1.0
KH ₂ PO ₄	17.5 g/100mL	1.0
NaCl	2.5 g/100ml	1.0
FeCl ₃ ·6H ₂ O	0.05 g/100ml	1.0

2) EDTA-Fe 1 mL/L

1N HCl: 取 4.1 ml 的浓盐酸用蒸馏水稀释至 50 ml, 1N EDTA-Na₂: 称取 0.9306 g EDTA-Na₂ 溶解至 50 ml 蒸馏水中。

称取 FeCl₃·6H₂O 0.901 g 溶于 10 ml 的蒸馏水, 然后将配置完成的 FeCl₃·6H₂O 加入已经配制完成的 1N HCl 中, 然后与 10 ml 已经配制完成的 0.1N EDTA-Na₂ 混合, 加入蒸馏水稀释至 1000 ml。

3) 微量元素储备液为表 2

Table 2. Trace mental solution 1 ml/L

表 2. 微量元素溶液 1 ml/L

试剂名称	溶液浓度
H ₃ BO ₃	2.86 g/L
MnCl ₂ ·4H ₂ O	1.86 g/L
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0.22 g/L
Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	0.39 g/L
CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.08 g/L
Co(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	0.05 g/L

4) 土壤提取液制作 40 mL/L

土壤提取液配制方法: 我们取校园内未施过肥的土壤 200 g 置于烧杯中, 然后往烧杯加入 1000 ml 的蒸馏水(水土比例 5:1), 瓶口用透气塑料纸封口, 在水浴(100℃)中持续加热 3 小时, 然后冷却并沉淀 24 小时。

此过程连续进行 3 次。然后过滤, 取其上清液, 并在高压灭菌锅中灭菌后于 4℃ 冰箱中保存备用。

2.2. 方法

2.2.1. 采集水样

澜沧江景洪至勐罕段水域中的告庄、橄榄坝农场三分场以及勐罕码头三个地方分别采集四季的水样。记录采集时间地点以及编号, 而后带回实验室进行光学培养。

2.2.2. 水样的观察与富集

采集的水样用微藻光照培养箱培养后, 分别使用光学显微镜在 4 倍镜、10 倍镜、40 倍镜的视野下对其进行观察, 观察到少量微藻后开始进行富集。配置液体 SE 培养基, 在洗净的 150 ml 锥形瓶中倒入 100 ml 的培养液然后加入 2~5 ml 的水样, 记录取样与富集的时间, 标记水样名称和编号。待水样富集后发生变化, 再分别使用光学显微镜在 4 倍镜、10 倍镜、40 倍镜的视野下对其进行观察, 记录水样内的微藻种类、数量和形态。

2.2.3. 水样采集记录

在四季分批对西双版纳景洪至勐罕水域(水流方向是景洪向勐罕方向流)进行采样, 总共三个采样点, 分别是景洪告庄(起点), 橄榄坝农场三分场(中点), 勐罕镇码头(终点), 水样总瓶量、采样点个数为每个点一个, 水样采集记录为每次采样采两瓶水, 一瓶约 500 ml。

3. 结果与分析

水样富集后镜检

如表 3, 在告庄水样中, 优势藻类为小球藻, 主导藻类为衣藻。春季藻种多于其他三季, 原因之一为当地恰逢泼水节, 游客数量大, 为体验放河灯从而使水体污染, 以及周围夜市将污水直接排放入江, 导致水体富营养化。春秋两季均出现了微囊藻, 分析原因是因为春秋两季有五一小长假和国庆小长假以及当地节日泼水节, 游客大量涌入, 导致夜市生意火爆, 随之直接排放的污水也增加, 导致水体污染加重, 遂出现微囊藻。夏季主导藻类为衣藻, 是因为恰逢西双版纳雨季, 适合衣藻生长。

Table 3. Gaozhuang microalgae species survey table (pieces/mL)

表 3. 告庄微藻种类调查表(个/mL)

时间	春季	夏季	秋季	冬季
四棘藻	159	-	-	-
舟型藻	45	8	-	-
棒杆藻	6	-	-	-
卵形藻	16	-	-	-
四尾栅藻	38	-	1	2
杂球藻	50	-	-	-
桥弯藻	5	-	-	-

Continued

异形藻	1	-	1	-
念珠藻	2	-	2	-
小球藻	211	5	352	9
栅藻	4	6	-	-
微囊藻	21	-	53	-
环球藻	1	1	-	-
菱形藻	-	-	-	2
冠盖藻	-	-	-	1
颤藻	-	-	-	1
杆藻	-	-	-	3
鞘藻	-	-	3	-
针杆藻	-	-	-	294
衣藻	-	500	-	-
扁藻	-	10	-	-

注：“-”表示未检出。

如表 4, 在三分场水样中, 冬季藻属种类较多, 但微藻数量较少, 春季夏季以及秋季的藻属种类相近。小球藻大多出现在春夏秋三季的水样中, 且夏季数量最多。颤藻仅出现在冬季, 舟形藻和针杆藻出现在夏季与冬季, 栅藻基本出现在夏季。分析其原因之一是三分场附近多为果园以及居民区, 考虑夏季温度高, 江水温度适宜且附近果园喷洒农药, 该时段又为雨季, 雨水冲刷农药入江, 导致江内氮磷元素多, 藻类繁殖发育好, 数量较多; 而冬季不施肥, 氮磷元素有所减少, 所以藻类繁殖缓慢。

Table 4. Survey of microalgae species in Sanfenchang (units/mL)

表 4. 三分场微藻种类调查表(个/mL)

时间	春季	夏季	秋季	冬季
针杆藻	-	258	-	14
波缘藻	-	-	-	8
颤藻	-	-	-	2
栅藻	31	2	-	2
小球藻	295	704	225	13
舟形藻	-	-	-	2
星杆藻	-	-	-	1
杆藻	-	-	1	1
冠盖藻	-	1	1	1
菱形藻	-	-	4	4
鼓藻	-	-	1	1
丝藻	120	-	12	-

Continued

红球藻	79	-	-	-
布纹藻	2	-	-	-
月牙藻	49	165	-	-
梭形藻	1	3	1	-
鞘藻	-	1	6	-
四尾栅藻	-	191	4	-
蓝球藻	-	-	1	-
杂球藻	-	-	-	-
小环藻	-	1	-	-
扁藻	-	416	-	-
斜生栅藻	-	152	-	-

注：“-”表示未检出。

如表 5, 在码头水样中, 微囊藻虽然只出现在秋季水样, 但其在秋季是优势种。分析其原因之一是码头处有一条臭水沟, 附近居民直接排污进江且雨季刚过, 导致当时水质过肥, 产生大量微囊藻。微藻种类及个数在春夏秋季多于冬季, 春季又多于夏季和秋季, 与当地温度以及气候有关。主要优势种为绿藻门。

Table 5. Investigation form of microalgae species in dock (pieces/mL)

表 5. 码头微藻种类调查表(个/mL)

时间	春季	夏季	秋季	冬季
栅藻	1	5	7	-
四尾栅藻	1	3	6	-
小球藻	37	72	90	-
舟型藻	23	9	-	-
四棘藻	2	-	-	-
桥弯藻	7	-	6	-
衣藻	4	-	-	-
实球藻	10	-	-	-
小环藻	9	-	-	-
鞘藻	2	-	-	-
狭形纤维藻	1	-	-	-
斜生栅藻	2	1	2	-
镰形纤维藻	1	-	-	-
蓝藻	-	-	8	-
梭形藻	-	-	15	-
扁藻	-	7	1	-

Continued

微囊藻	-	-	181	-
鼓藻	-	-	5	-
针杆藻	-	2	-	49

注：“-”表示未检出。

如图 1, 三个取水地点中, 综合四季来说, 优势种为绿藻门, 偶尔出现蓝藻门和硅藻门。硅藻门所观察到的藻类又多于蓝藻门。

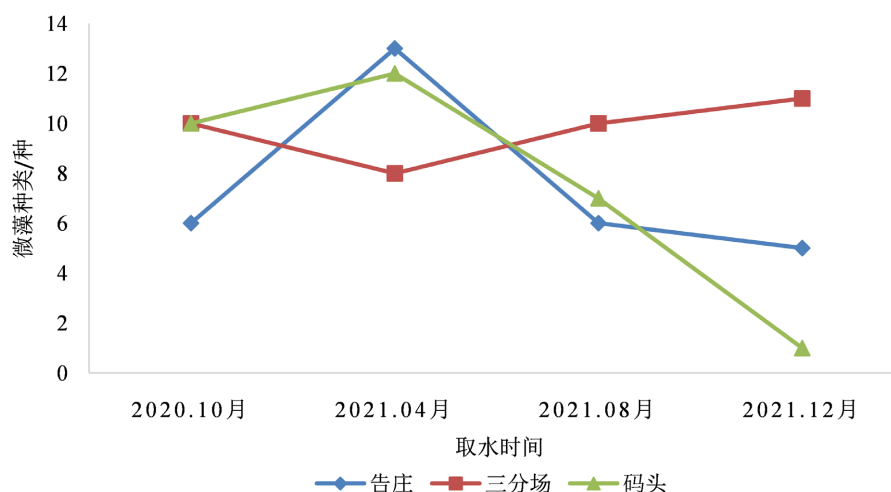


Figure 1. Comparison of microalgae species in four seasons at three sampling sites
图 1. 三个取样点四季微藻种类对比图

4. 讨论

4.1. 结论

经研究发现在勐罕码头水样中, 四个季节总共发现 18 个藻属。在橄榄坝农场三分场水样中, 四季总共发现 24 个藻属。在景洪告庄水样中, 四季总共发现 21 个藻属。在本次三个取水点的水样中一共发现 3 门 5 纲 14 目 21 科 30 属 34 种的微藻。

4.2. 微藻的时空分布规律

针对微藻的时空分布规律, 国内外有诸多学者进行了相关研究, 如我国王源勇学者研究发现主要集中于中纬度温带地区的底栖微藻以硅藻门为主, 王源勇学者三个不同采样点各个季节的优势种群都不尽相同, 但主要的优势类群都包括硅藻门布纹藻属、斜纹藻属(*Pleurosigma*)、舟形藻属, 颤藻只在个别季节出现, 三个不同的采样点均为春夏季节的藻类多样性要大于秋冬季节[3]。在不同地区, 微藻的时空分布规律有所不同, 所有的影响因素也各有不同。

由于本项目研究地区在亚热带地区, 研究观察到的结果显示, 在景洪告庄取样点中, 四棘藻仅在 2021 年 4 月水样中观察到; 衣藻仅在 2021 年 8 月水样中观察到; 针杆藻和颤藻仅在 2021 年 12 月水样中观察到, 并且在 2020 年 10 月与 2021 年 4 月的水样中观察到有毒微藻微囊藻。橄榄坝农场三分场取样点中, 红球藻与布纹藻仅在 2021 年 4 月水样中观察到, 其余三季均未发现; 扁藻和斜生栅藻仅在 2021 年 8 月

水样中观察到; 颤藻与舟形藻仅在 2021 年 12 月水样中观察到, 其余三季水样内均未发现; 冠盖藻未在 2021 年四月水样中观察到, 但其余三季水样中均有观察到。在勐罕码头的取样点中有毒微藻微囊藻仅在 2020 年 10 月水样中观察到, 其余三季均未发现; 针杆藻在 2021 年 8 月和 12 月水样中都有观察到; 蓝藻、梭形藻和鼓藻仅在 2020 年 10 月水样中观察到, 其余三季均未发现。

4.3. 微藻的多样性

杨晓红学者曾在徐闻珊瑚礁自然保护区分析研究徐闻珊瑚礁自然保护区潮间带的海洋微藻的生物多样性。分离、培养、鉴定并储藏了 118 株海洋微藻, 其中含 48 个种, 分布于硅藻门、绿藻门和定鞭金藻门 3 个门的 6 纲、22 目、24 个科、28 个属[4]。本次所研究的澜沧江景洪告庄至勐罕镇码头段水域中一共出现了 3 门(绿藻门、蓝藻门以及硅藻门) 5 纲 14 目 21 科 30 属 34 种的微藻。其中绿藻门有 1 门 2 纲 5 目 8 科 14 属 18 种。蓝藻门有 1 门 1 纲 3 目 3 科 4 属 4 种。硅藻门有 1 门 2 纲 6 目 10 科 12 属 12 种。这表明本研究区域的微藻的物种同样丰富多样。

4.4. 有毒微藻

有毒微藻可以分泌有毒物质污染水体, 从而有破坏水体系统, 威胁人类生命健康的潜在风险。在本次研究中发现有毒微藻微囊藻, 微囊藻属于蓝藻门, 在富集 N、P 的水中会大量繁殖, 形成水华[5], 微囊藻群体中大多含有毒基因(mcyE), 同时微囊藻极易大量繁殖形成水华, 导致水体生产力下降; 微囊藻被厌氧细菌分解, 消耗水体中的溶氧解, 并产生有害物质, 导致鱼类缺氧和中毒, 会严重造成水生生物死亡[6]。流行病学研究发现饮水中微量微囊藻毒素与人群中原发性肝癌的发病率有着较大相关性, 慢性 MC 染毒是引起了巢湖渔民实质性的肝损伤的原因[7]。

由于该段水域中含有有毒微藻微囊藻, 所以针对上述一系列可能造成环境危害的因素, 提出相应的防治对策。微囊藻大多会在在鱼类生长旺盛的时期生长繁殖, 因此可以通过预防手段去有效控制水域的富营养化程度; 可以通过增加对 N、P 元素的利用率以及注入微生态制剂(如光合细菌、硝化细菌等)等方法来加速氮循环并加快有益藻群的繁殖, 从而减少微囊藻水华的发生概率。邢光敏等人[8]关于微囊藻防治的研究中表明微囊藻如果大量繁殖及持续时间与气温、光照等气候条件密切相关。高温持续时间越长微囊藻生长时间越长, 而澜沧江西双版纳流域的地理位置与气候条件就决定了微囊藻可能存在大量繁殖的风险。宋庆波学者[9]的文章中提出可以采取生物防治、药物防治与综合防治, 分别是在水体中轻微出现微囊藻时, 放养一定密度的鲢、鳙鱼, 抑制水华, 药物防治中的常见药物常用药物为 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 或 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 和 FeSO_4 合剂, 通常使用 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 即可。由于硫酸铜安全浓度范围较小, 所以浓度一定要控制好, 不应随意增大浓度。综合防治中可以尝试减少养殖的鱼类的放养密度, 对微囊藻的防治, 目前还没有更有效的方法, 因此应以预防为主。但在本次研究中所发现的微囊藻数量不多, 占比较小, 所以建议注意污水的排放处理, 防止大量含 N、P 废水进入澜沧江, 禁止人们在江边洗衣。

4.5. 创新观点

本文研究区位于我国低纬度地区属热带雨林气候, 考虑到本次研究区域所处的特殊气候温度以及周边环境, 它的底栖微藻体系一定具有其独特的特色。

本次研究观察到了一些微藻的种类以及发现了其时空分布规律, 在不同地区, 微藻的时空分布规律有所不同, 所受的影响因素也各有其特点。比如衣藻在有机质丰富的水体中一般大量出现在春秋雨季, 而本次研究所观测到的大量衣藻均在夏季的水样中, 是由于研究区的雨季为夏季。

本研究区的优势类群综合四季观察来看多为绿藻门, 主要优势类群包括小球藻属、扁藻属、栅藻属

等。虽有硅藻门和蓝藻门的出现, 但相比数量较少。创新发现观察到有毒微藻微囊藻, 虽数量不多但有微藻可以分泌有毒物质污染水体, 从而有破坏水体系统, 威胁人类生命健康的潜在风险。

5. 结论

本次实验重点分析了微藻的时空分布规律, 微藻的多样性, 有毒微藻的发现与防治, 希望该地区有关部门可以更好地利用澜沧江的微藻资源。

1) 经研究发现本次研究区域的微藻的时空分布规律: 舟形藻属、冠盖藻等仅在部分季节出现。

2) 微藻的多样性: 本次所研究的澜沧江景洪告庄至勐罕镇码头段水域中一共出现了3门(绿藻门、蓝藻门以及硅藻门)5纲14目21科30属34种的微藻。

3) 发现了有毒微藻微囊藻。

基金项目

2020年云南省大学生创新创业训练计划建设项目。

参考文献

- [1] 黄静. 浅谈中国微藻产业现状[J]. 财讯, 2017(2): 3.
- [2] Pulz, O. and Gross, W. (2004) Valuable Products from Biotechnology of Microalgae. *Applied Microbiology and Biotechnology*, **65**, 635-648. <https://doi.org/10.1007/s00253-004-1647-x>
- [3] 王源勇. 亚热带潮间带底栖微藻群落组成和初级生产力的时空变化及其调控机制[D]: [硕士学位论文]. 厦门: 厦门大学, 2016.
- [4] 杨晓红, 黄永梅, 兰柳波, 詹静婷, 江黎明, 罗辉. 徐闻珊瑚礁自然保护区可培养富脂海洋微藻的生物多样性中文科技期刊数据库[J]. 生态科学, 2016., 35(4): 52-61.
- [5] 徐明芳, 王阳, 耿梦梦. 饮用水水源水体中微囊藻毒素污染潜在风险与评估[C]//中国农学会农产品贮藏加工分会. 第十届全国农产品贮藏加工科技交流大会, 2015: 251-257.
- [6] 王小宁, 杨传玺, 宗万松. 微囊藻毒素生物毒性作用机制与调控策略的研究进展[J]. 环境污染与防治, 2015. 37(6): 90-95+100.
- [7] 罗皓, 张志勇. 微囊藻毒素及其与原发性肝癌的关系[J]. 综述, 2014, 12(6): 278-280.
- [8] 邢光敏, 赵艳珍, 阎莹, 等. 洋河水库富营养化评价与防治对策[J]. 水利渔业, 2007, 27(6): 59-60.
- [9] 宋庆波. 池塘微囊藻的防治[J]. 水利渔业, 2002, 22(1): 48.