

网箱养殖大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)疾病 与环境因子的关系*

倪海儿^{1,2} 王国良^{2,3}

(1. 宁波大学生命科学与生物工程学院 宁波 315211; 2. “应用海洋生物技术”教育部重点实验室
宁波 315211; 3. 宁波大学医学院 宁波 315211)

提要 根据2001—2005年对舟山市网箱养殖大黄鱼的养殖情况、发病情况、死亡情况和海区环境因子的监测以及收集的气象资料,对疾病与环境因子的关系进行了研究,探索了环境因子及其变化对大黄鱼发病率的影响。结果表明,大黄鱼的发病率和发病类型与气温、风速有关;发病率与水温(>20℃)、悬浮物、化学耗氧量(chemical oxygen depletion, COD)、细菌数均呈显著的正相关,与透明度呈显著的负相关。通径分析显示,对大黄鱼发病率直接效应最大的是水温,其次是风速。通过分析,推测引起舟山市网箱养殖大黄鱼疾病多发的主要原因是网箱养殖本身造成的水体污染,从而提出了舟山市网箱养殖大黄鱼疾病预防的主要措施。

关键词 大黄鱼, 发病率, 环境因子

中图分类号 S942

随着养殖规模的不断扩大,近几年养殖鱼类的疾病不断发生且日趋严重,养殖鱼类的病害问题已成了水产养殖业健康发展的障碍。养殖鱼类疾病多发的原因是多方面的,有鱼类本身的体质问题,如养殖鱼类经多代人工繁殖造成机体抵抗力下降等,养殖环境因子的变化则是疾病发生的诱因。因此在提高鱼体素质、增强抗病率的同时,了解环境因子对疾病的影响,掌握诱发疾病的主要因子及其变化,从而控制或预防疾病的发生是养殖业健康发展的关键。虽然国内外对养殖鱼类的疾病已进行了广泛和深入的研究(王国良等, 2008; 毛芝娟等, 2002; 计新丽等, 2000; 李清禄等, 2001; 金珊等, 2002; Toranzo *et al*, 2005),但对养殖鱼类的疾病与环境因子的关系还缺乏全面深入的了解。本文以舟山市网箱养殖大黄鱼为研究对象,对疾病与环境因子的关系进行了研究,探索了环境因子及其变化对大黄鱼发病率的影响,以期对养殖鱼类疾病的预报和预防提供基础研究资料。

1 材料与方法

在2001—2005年间,监测了舟山市大黄鱼的网箱养殖情况、发病情况、死亡情况,并对病因作了分析,同时选择了养殖大黄鱼的12个网箱进行重点观察,逐日记录各个网箱大黄鱼的养殖情况、生长情况、发病情况、发病率和死亡率,测定网箱养殖水域上午8时和下午2时的水温、比重、pH、透明度等。

在大黄鱼的主要养殖区域,选择了3个采样点,为便于比较,在未养殖的区域确定2个采样点。在2001年至2005年按月测定各采样点的理化因子和生物组成,包括浮游动物、浮游植物的种类和数量,细菌和粪大肠菌群的数量以及水温、盐度,悬浮物、溶解氧、pH、磷酸盐、硅酸盐、硝氮、亚硝氮、氨氮、无机氮、化学耗氧量(chemical oxygen depletion, COD)等12个指标,测定方法依据海洋监测规范(国家海洋局, 1999)。从舟山市气象站收集舟山市2001—2005

* 长江学者和创新团队发展计划资助, IRT0734号; 浙江省科技厅重点攻关项目, 2005C23080号; 浙江省自然科学基金项目, Y306163号。倪海儿, 教授, E-mail: nihaier@nbu.edu.cn

收稿日期: 2007-11-22, 收修改稿日期: 2008-01-29

年每日的气温、风速、风向、气压等 4 个气象指标¹⁾。

为研究环境因子对大黄鱼疾病的影响, 采用通径分析, 用 P_{iy} 表示第 i 个环境因子对发病率(y)的直接通径系数, 间接通径系数为 $\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^p r_{ij} P_{jy}$, 它表示第 i 个

环境因子通过其它各环境因子对发病率的间接影响。式中, r_{ij} 表示第 i 个环境因子与第 j ($j \neq i; j = 1, 2, \dots, p$) 个环境因子的相关系数, p 为所研究的因子数。

第 i 个环境因子对发病率的决定系数为 $d_i = P_{iy}^2$ 。

第 i 个环境因子和第 j 个环境因子对发病率的共同决定系数为 $d_{ij} = 2r_{ij}P_{iy}P_{jy}$ 。

2 结果与分析

2.1 发病概况

2001—2005 年间舟山市网箱养殖大黄鱼各月的发病情况变化较大, 发病率最高达 80%, 为了解大黄鱼发病与季节的关系, 对大黄鱼的发病率用内套设计(Douglas, 2006)进行了方差分析, 因发病率观察值的非正态性, 故先对发病率数据进行反正弦变换, 然后再对变换后的数据进行方差分析(倪海儿等, 2006), 见表 1。

表 1 大黄鱼发病率的方差分析

Tab.1 Analysis of variance for the disease incidence

离差来源	离差平方和	自由度	均方	F 比
年份	0.1725	4	0.04313	1.3884
月份	1.7084	55	0.03106	12.7989**
误差	3.0579	1260	0.002427	
总计	4.9388	1319		

**表示影响极显著($P < 0.01$)

由表 1 可知, 2001—2005 年大黄鱼的发病率年间没有显著差异, 但存在着显著的季节变化, 进一步对各月的发病率的多重比较表明, 发病率最高的是 6—10 月, 其次是 1—2 月。

2.2 疾病发生与气象因子的关系

气象因子直接和间接地影响着鱼的生理状况, 如气温、风速、风向、气压等气象因子的变化会引起养殖水体的温度、水的流速、溶氧等发生变化, 它不仅直接影响鱼类的代谢活动, 而且使得养殖水体中其它环境因子发生变化, 从而引起鱼类生理状态变化, 当这种变化超过了鱼体的承受极限时, 就会引发

疾病。计算大黄鱼的发病率与气温(考虑到气温对发病率可能存在非线性效应, 仅对气温大于 20 的情况计算)、风速、气压的相关系数见表 2(因风向是定性资料, 未对其计算相关系数)。

表 2 发病率与气象因子的相关系数

Tab.2 Correlation coefficients between the incidence of diseases and meteorological factors

气象因子	气温()	气压(hPa)	风速(m/s)
相关系数	0.6215**	0.06053	0.4835**

**表示相关极显著($P < 0.01$)

由表 2 可见, 气温和风速与大黄鱼发病率均有高度显著的线性关系。考虑到气温、风速和风向可能对大黄鱼的发病率的非线性效应, 把气温分成 5 个等级, 风速转换成风力, 分 5 个等级(表 3), 风向按气象预报标准分成北风、北到东北风、北到西北风等 16 个等级, 进一步对这些气象因子对发病率的影响进行了方差分析, 表 4 列出了方差分析的结果。

表 3 各气象因子的等级

Tab.3 The grades of meteorological factors

等级	1	2	3	4	5
气温()	<2	2—11	11.1—20	20.1—25	>25
风力(级)	<2	3	4	5	>6

表 4 气象因子对发病率影响的方差分析

Tab.4 Analysis of variance on meteorological factors for the disease incidence

离差来源	离差平方和	自由度	均方	F 比
气温()	45155.00	4	11288.75	7.0931**
风力(级)	16806.36	4	4201.59	2.6400*
风向	102195.45	15	6813.03	4.2809**
气温 × 风力	198061.92	16	12378.87	7.77807**
气温 × 风向	99694.80	60	1661.58	1.0440
风力 × 风向	98870.40	60	1647.84	1.0354
误差	1846151.60	1160	1591.51	
总和	2406935.53	1319		

**表示有极显著影响($P < 0.01$); *表示有显著影响($P < 0.05$)

由表 4 可见, 气温对发病率的影响是高度显著的, 进一步对不同气温等级的发病率的多重比较表明气温高于 25 时发病率最高, 显著高于其它各温度区间, 气温低于 2 的发病率次之, 其发病率显著高于气温为 2—25 的温度区间, 而在 2—25 发病率没

1) 气温为普陀气象站的日平均气温; 风速为嵊泗气象站正点时 2min 平均风速的日平均风速; 风向为日最大 10min 平均风速的风向; 气压为普陀气象站的本站气压日平均值

有显著差异,表明大黄鱼的发病主要是在 25 以上和 2 以下的气温。风速对发病率有显著影响,但它与气温的交互作用效应更为显著,进一步的多重比较显示,当气温高于 25 时,风速对发病率的影响显著提高,尤其是风速大于 6 级时,发病率最高。风向对发病率的影响也是高度显著的,多重比较显示发病率最高是东北风、东风、东到东南风、东南风,这正是一般舟山市台风过程的风向。

进一步对大黄鱼疾病的病因进行了分析,根据病源不同,把大黄鱼的疾病分成细菌性疾病和非细菌性疾病。为了解发病的类型与气象因子的关系,对发病的类型(细菌性疾病和非细菌性疾病)与气温、风力、风向分别进行了独立性检验(倪海儿等, 2006)(表 5)。由表 5 可见,发病的类型与气温、风力和风向有高度密切的关系。进一步分析表明,高温(>25)时主要是细菌性疾病,而低温(<2)时多为非细菌性疾病。对细菌性疾病病源菌的分析发现(另文研究),引起大黄鱼细菌性疾病的病源菌主要是革兰氏阴性菌,它们的适温范围多在 25—30 之间,高温时这些病源菌繁殖速度加快,数量增多,因此大黄鱼被感染的机会增多。大风容易引起细菌性疾病,这是因为风力大时,水体流速过大,使得大黄鱼鱼体之间以及鱼体与网箱的箱壁磨擦后,造成体表物理损伤而发生细菌感染,引起细菌性疾病。大黄鱼的病因还与风向有关,东北风、东风、东到东南风、东南风时主要是细菌性疾病,而西北风时主要是非细菌性疾病,这是因为舟山市一般台风过程是从东北风、东风、东到东南风转到东南风,因台风使得海区风浪增大,引起大黄鱼体表物理损伤易发生细菌性疾病,而冷空气多伴随着西北风,因此西北风时气温下降易引起大黄鱼冻伤而死亡。

表 5 发病类型与气象因子独立性的 χ^2 检验
Tab.5 χ^2 tests of the independency of pathogeny on meteorological factors

气象因子	χ^2	自由度	$\chi_{0.01}^2$
气温()	23.59**	4	13.277
风力(级)	18.73**	4	13.277
风向	36.53**	15	30.578

**表示发病类型与相应因子的变化不独立($P<0.01$)

2.3 疾病发生与生物因子的关系

在大黄鱼养殖区域,检测到浮游动物共 120 种(属),生物量在 0.01—0.81mg/m³ 之间。常见的种类有

中华哲水蚤(*Calanus sinicus*)、双生水母(*Diphyes chamissonis*)、长尾类幼虫(Mccruran larva)、精致真刺水蚤(*Euchaeta concinna*)、百陶箭虫(*Sagitta bedoti*)、中华假磷虾(*Pseudeuphausia sinica*)及各类浮游幼体等。检测到浮游植物共 286 种(属),丰度在 2.7586—2862.136 个/ml 之间,包括硅藻门、甲藻门、绿藻门、蓝藻门、金藻门和裸藻门等六大门类,丰度最大的是硅藻,它的种类和数量都居首位,其次是甲藻。检测到细菌总数在 310—9000 个/ml 之间,粪大肠菌群在 10—1300 个/L 之间。

对大黄鱼的发病率与浮游植物密度、浮游动物生物量、细菌总数、粪大肠菌群数进行了相关分析,得到以下的相关系数表(表 6)。

表 6 发病率与生物因子的相关系数
Tab.6 Correlation coefficients between the incidence of diseases and the biological factors

	浮游动物 (mg/m ³)	浮游植物 (cell/ml)	细菌数量 (cell/ml)	粪大肠菌群 数量(cell/L)
相关系数	0.0366	- 0.0796	0.7016**	0.0808

**表示相关极显著($P<0.01$)

由表 6 可见,在这些生物因子中,只有细菌的数量与发病率呈高度显著正相关,即细菌数量越多,发病率越高。经检查,在大黄鱼的疾病中,主要是细菌性疾病,占大黄鱼病害的 80%以上,因此细菌数量的多寡直接影响了发病率(王国良等, 2008; 金珊等, 2002; 李清禄等, 2001; 王军等, 2001; 毛芝娟等, 2002)。粪大肠菌群虽然不是鱼类的直接致病菌,但它是水体受陆源污染程度的一个重要指标,它与大黄鱼发病率的关系反映了养殖水体由于陆源污染而引起鱼类发病的情况,由表 6 可见,它与发病率没有显著的相关。

2.4 疾病发生与水体理化因子的关系

非生物环境因子一方面直接影响鱼类的代谢活动,另一方面也通过影响水域的物质循环和生物因子的消长而间接作用于鱼类。计算发病率与水温(与气温同样考虑,仅计算大于 20 的情况)、透明度、盐度、悬浮物、溶解氧、pH、磷酸盐、硅酸盐、硝氮、亚硝氮、氨氮、无机氮、COD 等 13 个指标的相关系数见表 7(因上午 8 时和下午 2 时的水温非常接近,因此计算中仅用下午 2 时的水温)。

由表 7 可见,在所有这些因子中与大黄鱼发病率高度显著相关的有水温、透明度、悬浮物和 COD。与气温一样,当水温大于 20 时,它与发病率呈正相

表 7 发病率与水体理化因子的相关系数

Tab.7 Correlation coefficients between the incidence of diseases and the physic-chemical factors

理化因子	相关系数	理化因子	相关系数
水温()	0.7339**	硅酸盐(mg/L)	0.2134
透明度(cm)	-0.6081**	硝氮(mg/L)	0.1503
盐度	-0.1751	亚硝氮(mg/L)	0.2053
悬浮物(mg/L)	0.6695**	氨氮(mg/L)	-0.0521
溶解氧(mg/L)	-0.1859	无机氮(mg/L)	0.2217
pH	-0.1855	COD(mg/L)	0.7661**
磷酸盐(mg/L)	0.1609		

**表示相关极显著($P < 0.01$)

关; 鱼类适宜于生活在 pH 为 7—8 的弱碱性水体, pH 过高, 鱼类的新陈代谢低落, 摄食量少, 消化率低, 容易引起疾病, pH 过低, 水体物质循环强度下降, 也会影响鱼类正常生理活动, 但表 7 中 pH 与发病率的相关不显著, 这是因为在大黄鱼网箱养殖区, pH 的波动范围较小, 在 7.85—8.17 之间, 基本上在鱼类适宜生长的范围, 因此 pH 在这个范围内变化不会对发病率产生显著的影响; 透明度与发病率呈负相关, 透明度越高, 发病率越低; 与透明度相反, 悬浮物与发病率呈正相关。表 7 还显示溶解氧与发病率没有显著的线性关系, 因为在网箱养殖区域, 测定的溶解氧最低为 5.01mg/L, 平均为 6.714mg/L, 因此在该养殖区域溶解氧的变化不会对大黄鱼的正常生长产生影响。COD 是水体被污染的标志之一, 它的多寡反映了水体中有机物污染的高低, 养殖水体过高的 COD, 会引起水质缺氧恶化和疾病蔓延, 大黄鱼养殖区域虽然 COD 平均仅为 1.2703mg/L, 但波动幅度较大, 最高可达 4.28mg/L, 由表 7 可见它的变化与大黄鱼的发病率有高度显著的相关。

2.5 环境因子的途径分析

鱼类的生活环境是一个复杂的系统, 各种环境因子相互依赖、相互制约共同地刺激生活在其中的鱼类, 当这些刺激达到一定强度时, 就会引起鱼类应激反应或发病。相关分析虽然能反映有关因子与鱼类发病的线性关系, 但它所反映的只是表面的联系, 不能反映某因子对发病率的真正的联系。因为相关系数既包括某一因子对发病率的直接影响, 又包含它作用于其它环境因子, 使其它环境因子变化从而造成的对发病率的间接影响, 因此相关系数是某因子对发病率的直接作用和间接作用的总和。直接途径系数是

在考虑某因子对发病率的影响时消除了它通过其它环境因子对发病率产生的间接影响, 因此它能反映该因子对发病率的本质的影响。对以上分析中与发病率显著相关的因子进行途径分析, 表 8 的第二列列出了直接途径系数, 第三列的间接途径系数反映了该因子通过其它环境因子对发病率作用的大小。计算表 8 中这些因子的决定系数和两两因子的共同决定系数的和为 0.9294。

表 8 环境因子对发病率影响的途径系数

Tab.8 Path coefficients of the environmental factors on the incidence of diseases

因子	直接途径系数	间接途径系数	决定系数
气温()	0.1111	0.5104	0.0123
风速(m/s)	0.3093	0.1742	0.0957
水温()	0.4267	0.3072	0.1821
透明度(cm)	-0.1157	-0.4924	0.0134
悬浮物(mg/L)	0.1018	0.5677	0.0104
细菌(cell/ml)	0.2870	0.4146	0.0824
COD(mg/L)	0.2790	0.4871	0.0778

由表 8 可见, 在所有这些因子中, 对发病率直接作用最大的是水温, 直接途径系数为 0.4267, 其次为风速, 直接途径系数为 0.3093。气温虽然与发病率的相关系数为 0.6215, 但它的直接途径系数仅为 0.1111, 因为它对发病率的作用主要是通过水温的变化引起的(两者的相关系数为 0.8132)。水温对鱼类代谢反应速率起着控制作用, 它直接影响着鱼类的生理机能, 因此它对发病率的直接途径系数最大, 同时, 水温的变化, 会引起养殖水域生物因子和理化因子的变化, 如细菌繁殖速率、溶解氧等的变化, 从而间接影响鱼类的正常生理活动, 因此它的间接途径系数也较大, 为 0.3072。透明度的变化是由水体中悬浮物(包括浮游生物)含量的变化所引起的, 它的变化不仅直接影响水中浮游植物的光合作用, 同时由于悬浮物的数量增加而使有机物消耗增加, 水体的物理化学特性发生改变, 从而引起水体生物种群的结构和数量改变, 因此它主要是通过水体的理化因子和生物因子的变化影响鱼类的代谢, 使得鱼类的发病率发生变化, 它的间接途径系数为 -0.4924。细菌总数的变化会直接影响鱼的发病率, 同时由于细菌的活动, 会使得水体理化特性变化, 从而间接影响鱼类的生理活动, 它的直接途径系数和间接途径系数分别为 0.2870 和 0.4146。

3 讨论

影响鱼类发病的因子错综复杂, 途径分析能在这些错综复杂的关系中, 理清各因子的直接作用和间接作用, 这对于掌握疾病发生的根本原因, 从而控制或预防疾病的发生非常有意义。

由表 8 中这些因子计算的决定系数和它们两两的共同决定系数的和为 0.9294, 说明这些因子的直接作用和两因子的共同作用已经说明了发病原因的 92.94%, 因此这些因子已基本涵盖了影响大黄鱼发病的主要因子。

从以上的分析发现, 粪大肠菌群等指示陆源染污状况的因子与大黄鱼的发病率均无显著相关。考察未养殖区域海洋水质指标: 磷酸盐在 0.005—0.027mg/L 之间, 平均为 0.0162mg/L; 无机氮在 0.101—0.325mg/L 之间, 平均为 0.2194mg/L; 粪大肠菌群在 20—50 个/L 之间, 平均 22 个/L; COD 在 0.07—0.89mg/L 之间, 平均 0.4477mg/L, 溶解氧在 5.30—8.21mg/L 之间, 平均 6.7269mg/L, 除了无机氮有两次检测结果超过 0.3mg/L 以外, 其余指标每次检测结果都优于国家海洋水质二类标准, 有些指标已优于一类标准, 说明海区受陆源污染的程度较低。这与徐汉祥等(2005)对舟山深水网箱拟养殖海区环境本底状况调查的结果大体一致。进一步比较未养殖区与网箱养殖区的生物因子和理化因子, 表 9 列出了两者有显著差异的因子的均值检验结果[对养殖区和非养殖区方差有显著差异的, 采用方差不等时的 t 统计量进行检验(倪海儿等, 2006)]。

由表 9 可见, 悬浮物、磷酸盐、硝氮、无机氮、COD、pH、细菌数量在养殖区与未养殖区之间存在着显著差异。表 9 同时对养殖区与未养殖区的环境因

子的方差进行了比较, 可以发现网箱养殖区大多数因子的方差显著大于未养殖区, 也即养殖区这些因子波动较未养殖区域剧烈。根据以上分析, 可认为陆源污染并非是引起大黄鱼疾病多发的主要原因, 而网箱养殖自身的污染可能是大黄鱼疾病多发的主要原因。由于网箱养殖区域水体交换不畅, 使养殖中的残饵和鱼类的代谢产物沉积, 有机质的腐败和分解改变了水体原有的氧化还原等物理化学条件, 形成有利于了细菌增殖的条件, 而且使细菌在水体中存活时间延长, 因而水体中异养细菌、弧菌数量大量增加, 从而增加了大黄鱼被感染的机会。由表 9 可见, 养殖区细菌的总数显著大于未养殖区。表现在水体理化特性上是网箱养殖区域悬浮物、磷酸盐、硝氮、无机氮、COD 等比未养殖区域极为显著增加, 而 pH 显著降低(表 9)。虽然有些因子的变化没有呈现出与大黄鱼的发病有显著相关(表 7 中相关不显著), 如硝氮等, 但它会使得水体的理化特性和生物群落结构改变(徐永健等, 2004; 计新丽等, 2000; 何国民等, 1997; 李延风, 1999; 任一平等, 1998; Axler *et al*, 1996; Hall *et al*, 1992; Holby *et al*, 1991; Phillips *et al*, 1985; Wu, 1995), 导致养殖海区生态系统不稳定, 对环境变化的缓冲能力减弱, 当气候等条件变化时, 易引起水体环境因子的急剧变化, 从而引发鱼类疾病。表 9 中网箱养殖区悬浮物、磷酸盐、硝氮、无机氮、COD 等的方差均显著大于未养殖区就充分地反映了这一点。因此, 目前舟山市网箱养殖大黄鱼的疾病预防更应注意几点: 合理设置网箱, 保持水流畅通, 减少养殖自身污染形成的可能性和污染程度; 合理适量投饵, 尽量少用小杂鱼做饵料, 多用人工配合饲料进行喂养, 以减轻对水体的污染; 同时应保持适当的放养密度。

表 9 养殖区与未养殖区有显著差异因子的均值、方差和 t 检验

Tab.9 Means, variances and t -test of factors with significant difference between cage-farming area and non cage-farming area

因子	未养殖区		养殖区		方差相等检验 F	均值检验 t
	均值	方差	均值	方差		
悬浮物(mg/L)	42.0769	1013.5769	284.8974	76052.41	75.0337**	- 11.5838**
pH	8.1015	8.347×10^{-3}	8.0641	5.151×10^{-3}	0.6171	2.4781*
磷酸盐(mg/L)	1.615×10^{-2}	4.3641×10^{-5}	3.031×10^{-2}	1.31×10^{-4}	3.0008**	- 11.7394**
硝氮(mg/L)	0.2024	5.2×10^{-3}	0.40034	1.94×10^{-2}	3.7308**	- 14.1950**
无机氮(mg/L)	0.2194	5.723×10^{-3}	0.4133	2.278×10^{-2}	3.9804**	- 13.0155**
COD(mg/L)	0.4477	4.8×10^{-2}	1.2703	0.7195	14.9896**	- 11.8767**
细菌(cell/ml)	2576	3200939.6	4121	13695210	4.2785**	- 4.2944**

**表示差异极显著($P < 0.01$); *表示差异显著($P < 0.05$)

参 考 文 献

- 王 军, 苏永全, 张朝霞, 2001. 闽南地区养殖大黄鱼细菌性疾病的病原生物学研究. 厦门大学学报, 40(1): 85—91
- 王国良, 祝璟琳, 金 珊, 2008. 养殖大黄鱼 3 种致病弧菌的分子鉴定及其系统发育分析. 海洋与湖沼, 39(2): 162—167
- 毛芝娟, 刘国勇, 陈昌福, 2002. 大黄鱼溃疡病致病菌的初步分离与鉴定. 安徽农业大学学报, 29(2): 178—181
- 计新丽, 林小涛, 许忠能等, 2000. 海水养殖自身污染机制及其对环境的影响. 海洋环境科学, 19(4): 66—71
- 任一平, 曾晓起, 1998. 海水网箱养鲍诱发有机物污染的生物监测. 青岛海洋大学学报, 28(3): 410—414
- 李延风, 1999. 湄洲湾海水环境质量和水产业发展的关系. 海洋环境科学, 18(4): 52—56
- 李清禄, 陈 强, 2001. 海水网箱养殖大黄鱼细菌性病原鉴定与感染治疗研究. 应用与环境生物学报, 7(5): 489—49
- 何国民, 卢婉娴, 刘豫广等, 1997. 海湾网箱渔场老化特征分析. 中国水产科学, 4(5): 76—80
- 国家海洋局, 1999. 海洋监测规范. 北京: 中国标准出版社, 5—30
- 金 珊, 蔡完其, 王国良, 2002. 养殖大黄鱼细菌性疾病的病原研究. 浙江海洋学院学报, 21(3): 225—230
- 倪海儿, 钱国英, 2006. 概率论与生物统计. 杭州: 浙江大学出版社, 83—86; 143—150
- 徐汉祥, 王伟定, 刘士忠等, 2005. 舟山深水网箱拟养殖海区环境本底状况及养殖容量. 现代渔业信息, 20(1): 8—11
- 徐永健, 钱鲁闽, 2004. 海水网箱养殖对环境的影响. 应用生态学报, 15(3): 532—536
- Axler R, Tikkanen C, Mcdonal M *et al*, 1996. Water quality issues associated with aquaculture: A case study in mine pit lakes. Water Environ Res, 68: 995—1011
- Douglas C M, 2006. Design and analysis of experiments (6th Edition). New York: John Wiley & Sons, 266—280
- Hall P O, Holby O, Kollberg S *et al*, 1992. Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm . Nitrogen. Mar Ecol Prog Ser, 89: 81—91
- Holby O, Hall P O, 1991. Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm . Phosphorus. Mar Ecol Prog Ser, 70: 263—272
- Phillips M J, Beveridge M C, Ross L G, 1985. The environmental impact of salmonoid cage culture on inland fisheries: Present status and future trends. J Fish Biol, 27(supp.A): 123—137
- Toranzo A E, Magarions B, Romalde J L, 2005. A review of the main bacterial fish diseases in mariculture systems. Aquaculture, 246: 37—61
- Wu R S, 1995. The environmental impact of marine fish culture towards a sustainable future. Mar Poll Bull, 31: 159—166

RELATIONSHIP BETWEEN DISEASES IN LARGE YELLOW CROAKER *PSEUDOSCIAENA CROCEA* IN MARINE CAGE CULTURE AND ENVIRONMENTAL FACTORS

NI Hai-Er^{1,2}, WANG Guo-Liang^{2,3}

(1. Faculty of Life Science and Biotechnology, Ningbo University, Ningbo, 315211; 2. Key Laboratory of Applied Marine Biotechnology (Ningbo University), Ministry of Education, Ningbo, 315211; 3. Medical School, Ningbo University, Ningbo, 315211)

Abstract Using the data of diseases incidence of cage-cultured large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) during 2001—2005, marine environmental factors and meteorological records in Zhoushan of Zhejiang Province, the relationships between the diseases and environmental factors were investigated. The results show that the diseases incidence and the types of disease were related to the temperature and wind velocity. Diseases incidence and water temperature (>20 °C), suspended solid and chemical oxygen depletion (COD) showed positive correlations, and with water clarity, negative correlation. The path analysis indicated that water temperature had the largest direct effect on the incidence of diseases, the next being wind velocity. It was speculated that the water pollution caused by mariculture itself might be an important cause of the diseases in large yellow croaker; therefore, some solutions are suggested in this paper for reducing the negative effects of self-pollution in cage culture.

Key words *Pseudosciaena crocea*, incidence of diseases, environmental factors