

文章编号:1000-0615(2009)02-0334-08

网箱养殖大黄鱼溃疡病的预报模型

倪海儿¹, 王国良^{1,2}

(1. 宁波大学生命科学与生物工程学院,应用海洋生物技术教育部重点实验室,浙江 宁波 315211;

2. 宁波大学医学院,浙江 宁波 315211)

摘要:以舟山市网箱养殖大黄鱼为研究对象,根据对2001-2005年间网箱养殖大黄鱼发病情况的观察分析、养殖水域环境因子的监测及其收集的气象资料,对大黄鱼溃疡病的发生规律和养殖环境的状况进行了全面分析,结果表明大黄鱼溃疡病的发生不仅与季节有关,而且还与环境因子的状况密切相关。在此基础上,进一步研究了环境因子对大黄鱼溃疡病发生的影响程度和影响方式,筛选出与大黄鱼溃疡病发生密切相关的环境因子,从而建立了网箱养殖大黄鱼溃疡病发生的预报模型。经检验该模型对预报大黄鱼的溃疡病是否发生及发生的程度有高度显著的效果。用该模型对舟山市2005年大黄鱼溃疡病的发生情况进行了预报,预报的正确率达到81.2%。为能有效、适时地对发病季节大黄鱼疾病的控制,还同时给出了网箱养殖大黄鱼发病季节溃疡病的预报模型。

关键词:大黄鱼;疾病;环境因子;预报模型

中图分类号:S 942

文献标识码:A

随着水产养殖规模的不断扩大,近几年养殖生物的疾病不断发生且日趋严重,养殖生物的疾病防治已成了水产养殖业可持续发展的关键之一。国内外对水产养殖生物的疾病已进行了广泛和深入的研究,但这些研究主要集中在对疾病的描述、流行病学、病原鉴定、致病机理等方面^[1-15],关于疾病的预测、预报的研究尚少有报道。本文以舟山市网箱养殖大黄鱼 *Pseudosciaena crocea* (Richardson) 为研究对象,在对网箱养殖大黄鱼溃疡病的发生情况和养殖环境的状况进行全面分析的基础上,建立了网箱养殖大黄鱼溃疡病的预报模型,以期为大黄鱼的健康养殖提供技术支持,同时也为其它水产养殖生物病害预报模型的建立提供参考。

1 材料与方 法

在2001-2005年间,监测了舟山市定海区、岱山区、普陀区网箱养殖大黄鱼的养殖情况、发病

和死亡情况,并对其病因作了分析。同时选择了养殖大黄鱼的12个网箱进行了重点观察,逐日记录了各个网箱大黄鱼的养殖、生长、发病和死亡情况,测定了养殖网箱内上午8时和下午2时的水温、盐度、pH、透明度等指标。

在舟山市定海区、岱山区、普陀区网箱养殖区域分别选择了3个采样点,在2001年至2005年按月测定了这些采样点的理化特性和生物组成,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(COD)等12个指标,测定方法依据海洋监测规范^[16]。从舟山市气象站收集了舟山市2001-2005年每日的气温、风速、风向、气压等4个气象指标。

对大黄鱼病害的分析结果显示,虽然大黄鱼疾病的种类很多,但目前仍以细菌性疾病为主,占80.0%以上,其中溃疡病是最为常见、发病范围最

收稿日期:2008-06-03 修回日期:2008-08-17

资助项目:长江学者和创新团队发展计划资助(IRT0734);浙江省科技厅重点攻关项目(2005C23080);浙江省自然科学基金项目(Y306163)

通讯作者:倪海儿, Tel:13655886633, E-mail: nihaier@nbu.edu.cn

广、危害最大的一种疾病,它可由多种致病弧菌引起,这些致病弧菌均是条件致病菌^[10-12]。因此本文从大黄鱼的溃疡病着手,用多元统计分析方法对该病的发病规律进行分析,建立了预报模型。

2 结果与分析

要预知疾病是否发生及其发生的程度,首先应了解疾病发生的规律及其与之相关的环境因子,只有掌握了疾病的发生规律和影响疾病发生的主要因子,才能对疾病的发生进行客观、准确的

预报。

2.1 发病的规律

发病率的变化 鱼类的发病通常与季节有关,为了解大黄鱼溃疡病的发生特点、变化规律,对2001-2005年观察的溃疡病的发病率进行了分析。考虑到每一年各月的情况不尽相同,把月作为内套在年内的因子对发病率进行了方差分析^[17](表1)。分析中同时考虑了定海、普陀、岱山3区间发病率的差异。

表1 发病率的方差分析
Tab.1 Analysis of variance for the disease incidence

离差来源 source of variance	离差平方和 sum of squares	自由度 degrees of freedom	均方 mean square	F
区域 area	0.341	2	0.1705	5.49 **
年份 year	0.1725	4	0.0431	1.39
区域×年份 area×year	0.0278	8	0.0035	0.11
月份 month	1.7084	55	0.0311	14.44 **
误差 error	2.6891	1250	0.0022	
总计 total	4.9388	1319		

注:因发病率观察值的非正态性,方差分析对反正弦变换后的发病率数据进行^[18]。 **表示影响高度显著

Notes:As the data follows a nonnormal distribution, it was transformed with the arcsine transformation and the analysis of variance was applied to the transformed data. ** Significant at 1 percent

表1表明大黄鱼溃疡病的发病率在2001-2005年间没有显著差异,但它在各月之间有着显著的变化,进一步对各月的发病率用S法^[18]进行了多重比较,表2列出了多重比较的S值(表2中的月份按发病率大小的顺序排列)。

由表2可见,根据溃疡病发生的程度,可把一年12个月分成3组:6-10月,1-2月和其它各月,这3个组内发病率基本上没有显著差异,但这

三个组间存在着显著差异,6-10月发病率显著高于其它各月。可见大黄鱼溃疡病的发生与季节变化密切相关,可认为6-10月为它的发病季节。由表1同时可见,定海、普陀和岱山3个区大黄鱼的发病率有高度显著差异,经比较定海区最高。进一步对这些区网箱养殖的环境因子进行了比较分析,表3列出了这3个区环境因子方差分析的结果。

表2 发病率月间多重比较的S值
Tab.2 S value for the multiple comparisons of disease incidences in different months

月份 month	7	8	6	10	5	4	11	3	12	1	2
9	1.652	2.286	4.276	4.847 *	17.238 **	17.441 **	18.223 **	18.388 **	19.043 **	23.213 **	23.757 **
7		0.635	2.625	3.196	15.586 **	15.789 **	16.571 **	16.736 **	17.391 **	21.561 **	22.106 **
8			1.990	2.561	14.952 **	15.155 **	15.937 **	16.102 **	16.757 **	20.927 **	21.471 **
6				0.571	12.961 **	13.165 **	13.946 **	14.111 **	14.766 **	18.937 **	19.481 **
10					12.390 **	12.594 **	13.376 **	13.540 **	14.195 **	18.366 **	18.910 **
5						0.203	0.985	1.150	1.805	5.975 **	6.520 **
4							0.782	0.947	1.602	5.772 **	6.316 **
11								0.165	0.820	4.990 **	5.535 **
3									0.655	4.825 *	5.370 **
12										4.570 *	4.715 *
1											0.544

注:正如方差分析一样,多重比较也对反正弦变换后的发病率数据进行。 **表示有高度显著差异, *表示有显著差异,下同

Notes:As the analysis of variance above, the comparisons between treatment means were applied to the transformed data as well. ** Significant at 1 percent at 5 percent

表 3 不同养殖区环境因子的方差分析
Tab. 3 Analysis of variance for the environmental factors in three culture areas

因子 factor	养殖区 area		误差 error		F
	平方和 sum of squares	自由度 degrees of freedom	平方和 sum of squares	自由度 degrees of freedom	
水温(℃) water temperature	7.205 3	2	4 983.492 8	144	0.104 1
盐度 salinity	105.777 6	2	4118.976 3	144	1.849 0
悬浮物(mg/L) suspended solid	7.425 0 × 10 ⁵	2	2.863 4 × 10 ⁶	144	18.669 9 **
溶解氧(mg/L) dissolving oxygen	1.474 6	2	58.690 9	144	1.809 0
pH	0.0387	2	0.927 8	144	3.003 3 *
磷酸盐(mg/L) phosphate	1.927 6 × 10 ⁻³	2	5.19 × 10 ⁻³	144	26.741 2 **
硅酸盐(mg/L) silicate	2.463 6	2	113.377 6	144	1.564 5
硝氮(mg/L) saltpetre nitrogen	0.474 9	2	0.811 3	144	42.143 4 **
亚硝氮(mg/L) nitrite nitrogen	2.604 5 × 10 ⁻⁴	2	1.202 6 × 10 ⁻²	144	1.559 3
氨氮(mg/L) ammonia nitrogen	6.777 1 × 10 ⁻⁵	2	3.630 3 × 10 ⁻³	144	1.344 1
无机氮(mg/L) inorganic nitrogen	0.460 7	2	1.020 1	144	32.516 1 **
COD(mg/L) chemical oxygen depletion	5.713 9	2	41.505 3	144	9.912 0 **
浮游植物(ind/L) phytoplankton	2.218 2 × 10 ⁶	2	1.171 × 10 ⁸	144	1.363 9
浮游动物(mg/m ³) zooplankton	1.284 0 × 10 ⁵	2	6.148 8 × 10 ⁶	144	1.503 5
细菌(cell/mL) bacteria	8.903 3 × 10 ⁷	2	1.028 1 × 10 ⁹	144	6.235 3 **
粪大肠菌(cell/L) <i>Fecal coligroup</i>	6.206 6 × 10 ⁷	2	4.045 0 × 10 ⁹	144	1.104 7
透明度(cm) water clarity	317.198 74	2	4 513.499 9	144	5.06 **

注:1. 误差中消除了月份之间的差异。2. 因上午 8 时和下午 2 时的水温非常接近, 分析中仅用下午 2 时的水温

Notes: 1. The variability between months has been removed from the experiment error. 2. Because the water temperature at 8:00 am extremely approaches to the water temperatures at 2:00 pm, only the water temperature at 2:00 pm was used in all analyses

由表 3 可见, 在这些因子中悬浮物、磷酸盐、硝氮、无机氮、COD、pH、细菌数量和透明度在各区之间存在着显著差异, 各区这些指标的均值和多重比较的 *S* 值见表 4。

表 4 表明, 发病率最高的定海区, 它的悬浮

物、磷酸盐、硝氮、无机氮、COD、细菌数量均显著高于普陀区或岱山区, 而 pH 和透明度却显著低于普陀区和岱山区。说明大黄鱼的溃疡病发生除了与气候变化有关外, 还与养殖水域的环境状况密切相关。

表 4 各区差异显著因子的均值和各区间多重比较的 *S* 值

Tab. 4 Means and *S* values for multiple comparisons of environmental factors with significant difference in areas

因子 factors	均值 mean			<i>S</i>		
	定海区 Dinghai	普陀区 Putuo	岱山区 Daishan	定海区与 普陀区 Dinghai vs Putuo	定海区与 岱山区 Dinghai vs Daishan	普陀区与 岱山区 Putuo vs Daishan
悬浮物(mg/L) suspended solid	531.923 1	356.153 8	206.615 4	6.827 2 **	12.635 5 **	5.808 3 **
磷酸盐(mg/L) phosphate	0.039 7	0.035 6	0.037 5	3.740 6 **	2.007 2	1.733 5
硝氮(mg/L) saltpetre nitrogen	0.604 5	0.535 4	0.430 4	5.042 2 **	12.703 9 **	7.661 8 **
无机氮(mg/L) inorganic nitrogen	0.618 5	0.563 4	0.447 8	3.585 6 **	11.108 3 **	7.522 7 **
COD (mg/L)	1.679 2	1.575 4	0.672 3	1.059 0	10.272 5 **	9.213 5 **
pH	8.02	8.056 7	8.057 5	2.504 3 *	2.558 9 *	0.054 6
细菌(cell/mL) bacteria	3 914	1 821	2 693	4.290 4 **	2.502 9 *	1.787 5
透明度(cm) water clarity	50.943 2	55.001 2	53.769 8	3.970 1 **	2.765 4 *	1.204 7

环境因子的季节变化 从以上分析可见,大黄鱼溃疡病的发生与季节有关,而一年四季的季节变化也反映在水体各种环境因子的变化上,鱼类发病率的季节变化应该与由季节变化而引起的环境因子的变化相关。为了解环境因子的变化对发病率的影响,根据发病程度的高低,对与发病

程度对应的3个时间段(发病季节、1-2月和其它月份)的环境因子的变化进行了比较分析,结果表明,在发病季节,水温、悬浮物、磷酸盐、硅酸盐、亚硝氮、无机氮、COD、浮游植物和细菌数量等显著提高,而溶解氧和透明度显著降低,这些变化都有可能是诱发疾病的条件(表5)。

表5 不同时间段环境因子的方差分析

Tab.5 Analysis of variance for the environmental factors in different periods

因子 factor	1-2月 Jan-Feb		6-10月 Jun-Oct		其它 others		F
	均值 mean	方差 variance	均值 mean	方差 variance	均值 mean	方差 variance	
水温(°C) water temperature	9.776 3	1.855 6	25.688 2	4.997 8	16.955 6	16.786 4	317.82 **
透明度(cm) water clarity	62.259 3	11.814 8	45.470 6	26.454 1	56.243 2	20.323 6	170.86 **
盐度 salinity	25.095 5	39.218 8	25.21	32.691 9	23.015	33.383	2.74
悬浮物(mg/L) suspended solid	255.5	7.331 5 × 10 ⁴	478.15	1.104 3 × 10 ⁵	301.45	3.738 1 × 10 ⁴	10.61 **
溶解氧(mg/L) dissolving oxygen	7.804	0.2	6.462 5	1.464 1	6.739 2	0.436 9	22.80 **
pH	8.078	5.743 2 × 10 ⁻³	8.040 6	5.383 9 × 10 ⁻³	8.040 8	8.281 1 × 10 ⁻³	2.53
磷酸盐(mg/L) phosphate	0.028	5.194 5 × 10 ⁻⁵	0.041 7	3.219 2 × 10 ⁻⁴	0.032 7	1.671 5 × 10 ⁻⁴	11.69 **
硅酸盐(mg/L) silicate	1.004 5	8.337 3 × 10 ⁻²	1.540 8	0.402 9	1.052	0.284 5	17.79 **
硝氮(mg/L) saltpetre nitrogen	0.446 4	2.785 5 × 10 ⁻²	0.491 2	3.422 6 × 10 ⁻²	0.411 2	5.241 × 10 ⁻²	2.85
亚硝氮(mg/L) nitrite nitrogen	0.003 6	4.155 3 × 10 ⁻⁶	0.005 2	1.950 3 × 10 ⁻⁵	0.004 1	6.628 8 × 10 ⁻⁶	3.04 *
氨氮(mg/L) ammonia nitrogen	0.013 4	7.709 5 × 10 ⁻⁵	0.020 5	1.183 5 × 10 ⁻⁴	0.010 6	1.980 6 × 10 ⁻³	2.06
无机氮(mg/L) inorganic nitrogen	0.427 9	2.749 8 × 10 ⁻²	0.517 4	3.425 8 × 10 ⁻²	0.463 7	6.577 9 × 10 ⁻²	3.15 **
COD (mg/L) chemical oxygen depletion	0.979 2	0.2	1.755	1.925	0.980 5	0.396	12.67 **
浮游动物(mg/m ³) zooplankton	101.898	3.953 2 × 10 ⁴	107.485	1.222 8 × 10 ⁴	137.494	1.7359 × 10 ³	1.74
浮游植物(ind/L) phytoplankton	50.991 4	6.280 6 × 10 ³	587.888 5	1.287 4 × 10 ⁶	106.8993	9.353 2 × 10 ⁴	55.88 **
细菌(cell/mL) bacteria	188 5	5.086 0 × 10 ⁶	560 1.25	1.170 9 × 10 ⁷	305 7.5	1.179 × 10 ⁶	30.44 **
粪大肠菌(cell/L) <i>Fecal coli</i> group	67.5	9.021 4 × 10 ³	154.117 6	3.645 7 × 10 ⁷	250	6.273 8 × 10 ⁴	2.41

注:方差分析中同时消除了养殖区之间的差异

Notes: The analysis of variance above was performed on removing the affection created by the areas

2.2 预报模型的构建

预报指标的删选 预报指标选择的合适与否是预报是否成功的前提。综合以上分析,与溃疡病发病率变化有关的既有季节变化又有养殖水域的环境因子及其变化。为进一步了解这些环境因子对发病率影响的程度及其方式,把气象因子,主要是气温、风速、气压(已在另文中研究)和以上分析中与发病率变化有关的环境因子(水温、透明度、悬浮物、磷酸盐、硅酸盐、亚硝氮、无机氮、COD、浮游植物、细菌数量、溶解氧、硝氮、pH)及其它它们之间的交互作用对发病率进行了回归分析^[18]。考虑到因子之间的相关性,采用逐步回归,在回归模型中逐步引入因子,同时剔除由于新因子的引入而对发病率影响不显著的因子,得到回归分析的结果如表6。

表6中列出了经筛选对发病率有高度显著贡

献的因子,它们是透明度和水温×风速。表6显示,由这几个因子建立的线性回归模型是高度显著的,因此建立发病率与这些因子的线性模型来预报大黄鱼溃疡病的发生是合适的。

表6 回归方程和回归系数的显著性检验

Tab.6 Significance test on regression and its coefficients

离差来源 source of variance	离差平方和 sum of squares	自由度 degrees of freedom	F
回归 regression	1 457.031 9	2	24.64 **
残差 error	1 685.000 9	57	
总计 total	3 142.032 8	59	
变量 variable	系数 coefficient	标准误差 S	t
透明度 water clarity	-0.179 2	0.056 99	-3.144 9 **
水温×风速 water temperature × wind velocity	0.155 3	0.032 72	4.747 2 **

由表6可见,在参与回归分析的这些因子中只需要透明度和水温 \times 风速就能描写发病率的变化,但在以上对环境因子的分析中看到与发病率变化有关的有悬浮物、磷酸盐、硝氮、无机氮、COD、细菌数量、pH、透明度等。这是因为这些因子中有些是密切相关的,如气温和水温的相关系数为0.8132 ($n=1824, P<0.001$),因此当水温被引入回归模型后,气温对发病率的贡献已被水温替代;同样悬浮物与透明度是紧密相关的,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,如磷酸盐、硝氮、无机氮、COD、pH等的改变,使得鱼类的发病率发生变化,因此透明度的变化在某种程度上集中反映了这些因子的变化。

预报模型的建立 根据溃疡病的发生与否及其发生的程度把它分成4个等级:一级,正常;二级,少量发病(发病率 $\leq 1\%$);三级,中等程度发病($1\% < \text{发病率} \leq 10\%$);四级,大面积发病(发病率 $> 10\%$)。考虑到预报指标的变化到疾病的发生有一个过程,同时从预防的角度考虑,在预知疾病发生之前,应当有充分的时间可采取适当的预防措施,以避免或减少疾病的发生,所以除了以当天的发病等级作为预报总体外,还分别以以后一天、两天、三天的发病等级作为预报总体。根据以上分析,可用透明度、水温、风速作为预报指标。为生产上应用方便,把风速转换成风力,用逐步判别分析分别建立了关于当天的发病等级、以后一天、两天、三天的发病等级4个预报模型^[18],比较这4个预报模型,以以后两天为预报总体的模型最好,因此选用这一模型作为预报模型,模型的表达式如下:

$$\begin{cases} y_1 = 1.546x_1 + 0.07x_2x_3 - 11.922 \\ y_1 = 1.284x_1 + 0.072x_2x_3 - 10.067 \\ y_1 = 1.568x_1 + 0.108x_2x_3 - 16.921 \\ y_1 = 1.981x_1 + 0.076x_2x_3 - 17.062 \end{cases} \quad (1)$$

式中, x_1 为透明度, x_2 为日平均风力, x_3 为下午2时的水温。

为检验所建立的预报模型是否有意义,对由以上3个因子确定的4个预报等级的预报效果进行了检验,计算Wilks统计量 Λ ^[19]的值为0.5721 [$< \Lambda_{0.01}(2,1091,3) = 0.99$],可认为用这一预报

模型来预报两天后的发病情况是有极显著意义的。进一步对4个等级两两之间的预报效果进行了检验,表7列出了与两两等级间的马氏距离对应的 F 值^[19],这些 F 值都是显著的或高度显著的,因此这一预报模型对区分以后两天是否发病及发病等级有显著效果。

表7 发病等级之间预报效果的 F 检验

Tab.7 F test for the forecast effects between grades

	2级 2nd grade	3级 3rd grade	4级 4th grade
1级 1st grade	3.52 *	4.81 **	5.92 **
2级 2nd grade		4.05 *	5.19 **
3级 3rd grade			4.96 **

如果测得预报因子 x_1, x_2 和 x_3 当天的值,代入模型(1),就可得到函数值 y_1, y_2, y_3 和 y_4 ,比较 y_1, y_2, y_3 和 y_4 的值,找出最大的 y_i 值,就可根据表8来预报此后两天的发病情况。如果连续记录预报因子的值,就可逐日预报溃疡病的发生情况。

表8 预报方法

Tab.8 Forecasting method

最大值 maximum	预报等级 forecasting grade	发病的程度 incidence of diseases
y_1	一级 1st grade	正常
y_2	二级 2nd grade	少量发病
y_3	三级 3rd grade	中等程度发病
y_4	四级 4th grade	大面积发病

为考察模型(1)的预报效果,用2005年观察的预报因子对发病情况进行了预报,共预报181d,误报34d,预报的准确率为81.2%。

大黄鱼溃疡病的发病季节主要是在6-10月,因此,在发病季节做好疾病的预防工作是控制疾病发生的关键,为此进一步建立发病季节疾病的预报模型如下:

$$\begin{cases} y_1 = 1.771x_1 + 3.299x_2 - 15.806 \\ y_2 = 1.663x_1 + 3.42x_2 - 17.517 \\ y_3 = 1.845x_1 + 4.356x_2 - 24.463 \\ y_4 = 2.141x_1 + 3.397x_2 - 22.292 \end{cases} \quad (2)$$

式中, x_1 为透明度, x_2 为日平均风力。对模型(2)进行了显著性检验,Wilks统计量 Λ 的值为0.5062 [$< \Lambda_{0.01}(2,455,3) = 0.97$],两两发病等级之间差异的检验结果见表9。

表 9 发病等级预报效果的 F 检验Tab.9 F test for forecast effects between grades

grade	2 级 2nd grade	3 级 3rd grade	4 级 4th grade
1 级 1st grade	3.71 *	5.12 **	6.12 **
2 级 2nd grade		4.15 *	5.89 **
3 级 3rd grade			5.13 **

与模型(1)比较,模型(2)中除了透明度外,另一变量是风力。因在 6-10 月,水温基本上都在 22 度以上,处于大黄鱼发病的水温条件,因此此时是否发病主要取决于养殖区域水质的状况和风力。对 2005 年观察的 133 例情况用模型(2)进行了预报,误报 20 例,预报的准确率为 84.96%。

3 讨论

大黄鱼的溃疡病可由多种致病菌引起,如溶藻弧菌、鳃弧菌、假单胞杆菌等,它们通常是自然海区的正常菌群,是条件致病菌^[20-21]。当养殖水体的环境因子发生变化,鱼体的抵抗力下降,形成了利于这些细菌感染的条件时,就会引发鱼类疾病,因此环境因子及其变化是大黄鱼溃疡病发生的主要诱因。预报模型在众多的环境因子中删选出与溃疡病发生密切相关的环境因子,这些因子的变化不仅使得养殖水体中其它环境因子发生变化,如细菌(包括致病菌)的数量发生变化,而且也直接和间接地影响鱼类的代谢活动,引起鱼类的应激反应,从而引发疾病。分析显示建立发病率与这些因子的模型来预报大黄鱼溃疡病的发生是合适的。

引起养殖鱼类疾病的原因很多,有人为因素、自然因素,如水流、投喂饲料的质量等。研究表明,当水体的流速超过 1 m/s 时,就会对养殖鱼类产生影响。舟山市大黄鱼养殖网箱均设置在水流为 0.8 m/s 及以下的海区,因此在正常情况下不会对养殖鱼类产生影响。当养殖水域流速发生变化,如台风影响时,风速增大,使得养殖海区风浪、流速增大,易引起大黄鱼体表物理损伤而引起细菌感染,发生溃疡病,因此风速作为主要因子被引入预报模型中,同时从应用上考虑,风速比水体的流速更容易得到。投喂饲料的质量也会引起大黄鱼疾病,如投喂变质的小杂鱼,它一方面可能直接引起大黄鱼的肠炎病,另一方面也会引起养殖水体的水质污染,形成引发溃疡病的环境条件。因

此预报模型通过监测与溃疡病密切相关的环境因子的变化来预报溃疡病的发生。

建立预报模型后,为验证模型的预报效果,通常需对一些样本进行预报。如果用建模时的样本进行验证,往往会使得预报的错误率降低,因此本文用 2004 年前的样本进行建模,用 2005 年的样本来检验预报模型的误报率。

为能更客观地反映发病的规律,使预报的结果更为明确,本文采用了等级预报,把是否发病和发病的程度分成 4 个等级,采用判别分析建立发病等级的预报模型,经检验该模型有较好的预报效果。

鱼类疾病的发生与病原、养殖环境和自身的抗病力有关,而且养殖生态系统往往不是简单的线性系统,而是由非线性相互作用的多要素构成的开放的复杂系统,其发展趋势是动态的、不稳定的。因此正确选择能够反映养殖生态系统的平衡协调情况和养殖生物生长情况的预报指标,是建立科学、实用的鱼病预报模型的重要前提,而依据预报指标从而构建合适的预报模型则是预报技术的关键,这些都需建立在对疾病的病因、发生、发展规律及其环境因子对其作用方式、作用强度充分了解的基础上。本文在这些方面作了些尝试,关于预报指标筛选和模型构建的进一步的理论与方法有待更深入研究。

参考文献:

- [1] 郑国兴,李何,黄宁宇,等.文蛤病原菌(溶藻胶弧菌)的分离、性状及文蛤的电镜观察[J].水产学报,1991,15(2):85-95.
- [2] 许兵,纪伟尚,徐怀恕.中国对虾病原菌及其致病机理的研究[J].海洋学报,1993,15(1):98-106.
- [3] 李军,冯娟,刘旭.香港地区养殖平鲷的病原菌(溶藻胶弧菌)研究[J].水产学报,1998,22(3):275-278.
- [4] 张朝霞,王军,苏永全,等.斑节对虾病原菌胞外产物的致病性研究[J].海洋学报,2000,22(5):91-99.
- [5] 朱传华,何建国,黄志坚.网箱养殖石斑鱼暴发性溃疡病病原菌分离、鉴定及致病性研究[J].中山大学学报:自然科学版,2000,39(增刊):278-282.
- [6] 金珊,蔡完其,王国良.养殖大黄鱼细菌性疾病的病原研究[J].浙江海洋学院学报,2002,21

- (3): 225-230.
- [7] 王 军, 苏永全, 张朝霞. 闽南地区养殖大黄鱼细菌性疾病的病原生物学研究[J]. 厦门大学学报, 2001, 40(1): 85-91.
- [8] 李清禄, 陈 强. 海水网箱养殖大黄鱼细菌性病原鉴定与感染治疗研究[J]. 应用与环境生物学报, 2001, 7(5): 489-493.
- [9] 王国良, 薛良义, 金 珊, 等. 海水网箱养殖鲈鱼皮肤溃疡病的流行病学研究[J]. 水生生物学报, 2000, 24(4): 392-395.
- [10] 金 珊, 王国良. 海水网箱养殖大黄鱼弧菌病的流行病学研究[J]. 水产科学, 2005, 24(1): 17-19.
- [11] 王国良, 祝璟琳, 金 珊. 养殖大黄鱼3种致病弧菌的分子鉴定及其系统发育分析[J]. 海洋与湖沼, 2008, 39(2): 162-167.
- [12] 毛芝娟, 刘国勇, 陈昌福. 大黄鱼溃疡病致病病菌的初步分离与鉴定[J]. 安徽农业大学学报, 2002, 29(2): 178-181.
- [13] Zhang Q Y, Li Z Q, Gui J F. Studies on morphogenesis and cellular interactions of *Rana grylio* virus in an infected fish cell line [J]. *Aquaculture*, 1999, 175: 185-197.
- [14] Toranzo A E, Magarinos B, Romalde J L. A review of the main bacterial fish diseases in mariculture systems[J]. *Aquaculture*, 2005, 246: 37-61.
- [15] Wang G L, Yuan S P, Jin S. Nocardiosis in large yellow croaker, *Larimichthys crocea* (Richardson) [J]. *Journal of Fish Diseases*, 2005, 28(4): 339-345.
- [16] 国家海洋局编. 海洋监测规范[S]. 北京: 海洋出版社, 1991.
- [17] Douglas C M. Design and analysis of experiments (Third Edition) [M]. New York: John Wiley & Sons, 1991: 266-280.
- [18] 倪海儿, 钱国英. 概率论与生物统计[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2006: 73-270.
- [19] 张尧庭, 方开泰. 多元统计分析引论[M]. 北京: 科学出版社, 1982: 119-249.
- [20] 郑天伦, 王国良, 黄家庆, 等. 大黄鱼溃疡病的病原菌及其防治药物[J]. 浙江大学学报(理学版), 2006, 33(5): 573-577.
- [21] Jayaprakash N S, Pal S S, Philip R, et al. Isolation of a pathogenic strain of *Vibrio alginolyticus* from necrotic larvae of *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) [J]. *Journal of Fish Diseases*, 2006, 29(3): 187-191.

The forecasting model for incidence of ulcer disease of large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) in marine cage culture

NI Hai-er¹, WANG Guo-liang^{1,2}

(1. Key Laboratory of Applied Marine Biotechnology Certificated by Ministry of Education, Faculty of Life Science and Technology, Ningbo University, Ningbo 315211, China;

2. Medical School, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract: The incidence of ulcer diseases of large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) in the cage culture was examined, and environmental factors of surrounding sea waters and weather information were surveyed in Zhoushan, during 2001 – 2005. Based on the data obtained, the occurrence conditions of ulcer disease and the relationship between the disease and environmental factors were investigated. The results showed that the occurrence of ulcer disease was not only related to seasons but also to the environmental factors. By means of the multivariate statistical analysis, the effects of the environmental factors on the disease were studied. The environmental factors highly related to the occurrence of ulcer disease were selected to set up models for forecasting incidence. Statistical tests showed that the forecast model was of significant efficiency for predicting the disease occurrence and the scales of diseases. The accuracy of the model reached up to 81.2% when it was used for predicting the ulcer disease of 2005 in Zhoushan. The other model was also constructed for forecasting incidence in the occurrence period in order to prevent ulcer disease timely and efficiently.

Key words: *Pseudosciaena crocea*; ulcer disease; environmental factors; forecasting model