

三种鲫鱼对暴发性鱼病的抗病力*

蔡完其 孙佩芳

(上海水产大学, 200090)

提 要 本文报道彭泽鲫、异育银鲫及白鲫对嗜水气单胞菌引起的暴发性鱼病抗病力的研究结果。在菌液浓度为 6.0×10^6 个/ml, 注射剂量为 0.3ml/尾时, 半数致死量 (LD_{50}) 分别为彭泽鲫 $10^{-1.34}$, 异育银鲫 $10^{-1.61}$, 白鲫 $10^{-2.21}$, 差异极显著 ($P < 0.01$)。从三个方面进一步研究了造成以上差异的机理: (1) 补体总量——彭泽鲫 6.40 单位/ml, 异育银鲫 5.97 单位/ml, 白鲫 2.20 单位/ml, 差异极显著 ($P < 0.01$); (2) 补体替代途径 (C_3 旁路) 杀菌能力——彭泽鲫和异育银鲫极显著优于白鲫 (均值多重分析 $D > D_{0.01}$), 彭泽鲫好于异育银鲫, 但差异不显著; (3) 白细胞吞噬功能——三种鲫鱼间存在极显著差异 ($P < 0.01$), 吞噬百分率是彭泽鲫极显著优于白鲫和异育银鲫 ($D > D_{0.01}$), 吞噬指数是彭泽鲫和异育银鲫显著优于白鲫 ($D > D_{0.05}$)。彭泽鲫是对暴发性鱼病抗病力较强的品种, 白鲫是对暴发性鱼病抗病力最差的品种。

关键词 暴发性鱼病, 彭泽鲫, 异育银鲫, 白鲫, 抗病力, 半数致死量 (LD_{50}), 补体替代途径 (C_3 旁路), 白细胞吞噬功能

近几年来, 一种新的暴发性鱼病肆虐我国主要养鱼地区, 流行面积之广, 发病季节之长, 受害种类之多, 死亡率之高, 前所未闻。估计 1991 年因此病而损失的淡水鱼产量达 15—20 万吨。此病目前尚未找到根本防治的方法。以往的研究集中于病原、病理、流行规律及药物防治方面, 以救燃眉之急, 尚未从物种内在抗病力进行研究。国外 Cipriano (1983) 曾研究过不同种类鲑鳟鱼类抗疔疮病的能力; Okamoto 等 (1987) 研究过虹鳟三个品系对传染性胰脏坏死症的抗病力, 结果表明, 不同品系虹鳟抗该坏死症的能力有比较稳定的变异范围^[2]。但以上研究均停留在抗病力差异的一般了解上, 未能深入探讨其机理及生产应用。

本研究以彭泽鲫 *Carassius auratus* Var *pengzeis*, 异育银鲫 *Carassius auratus* *ibelio* 和白鲫 *Carassius auratus* *cuvieri* 为对象, 进行暴发性鱼病的种内差异的测定和比较, 并探讨其机理。这不但在鱼病学和鱼类育种学上具有重要理论意义, 而且可以摸索一条新的鱼病防治策略。毫无疑问, 推广和养殖抗病力强的种类或品种, 将会给水产养殖生产带来巨大效益。

材 料 和 方 法

1. 材 料

* 病菌由上海水产大学孙其焕副教授提供, 涂小林同志和 1991 届学生沈翠芬参加部分工作, 谨致谢忱。
收稿年月: 1992 年 9 月; 同年 11 月修改。

试验鱼 彭泽鲫、异育银鲫及白鲫来自上海市南汇县水产养殖场上海水产大学试验站。二龄鱼。体长 16.5—17.5 厘米，体重 87—100 克。均无暴发性鱼病发病史。采样前，同塘饲养三个月，以消除饲养环境因子对试验的影响。

菌种 鲫鱼暴发病病原——嗜水气单胞菌 (*Aeromonas hydrophila*)。

2. 方法 所有器皿均经灭菌处理，以下操作均为无菌操作。

(1) 半数致死量 (LD_{50}) 测定 用浓度为 6.0×10^8 个/ml 的菌液，以 10^0 、 10^{-1} 、 10^{-2} 及 10^{-3} 四种稀释浓度，每尾试验鱼腹腔注射 0.3ml。每试验浓度一个水族箱，每箱内三种试验鱼各 3—5 尾，同时有对照鱼各 1 尾。水温保持 28°C 。试验重复一次。观察记录三天内鱼的发病及死亡情况，详见表 2。计算三种鱼的半数致死量 (LD_{50})。计算方法参考 Reed-Muench 法^[1]。计算式如下：

$$\lg LD_{50} = a \lg b + c$$

式中， a —距离比例

$$a = \frac{\text{高于 } 50\% \text{ 的死亡率} - 50\%}{\text{高于 } 50\% \text{ 的死亡率} - \text{低于 } 50\% \text{ 的死亡率}}$$

b —稀释系数，本试验中 $b = 10^{-1}$

c —高于 50% 死亡率的最小稀释度的对数

(2) 补体试验 ①血清制备。从三种鲫鱼的尾动脉抽血，每尾鱼的血分别放在离心管中。置室温 2 小时后，以 3000 转/分离心 20 分钟。吸取血清于血清管中。最后，分别把三种鱼各 10 尾的等量血清混合，作为每种鱼的血清样品备用。②血清抗体检查(凝集反应)。试验 A—在凹玻片上滴加试验鱼血清 1 滴、生理盐水 1 滴及菌液 1 滴，轻摇玻片，混匀后静置于室温中 10—15 分钟，用高倍镜观察是否产生凝集现象。试验 B—阳性对照，用生理盐水。试验 C—阳性对照，用被嗜水气单胞菌感染过的鱼的血清。③补体替代途径 (C_s 旁路) 杀菌试验。试验共分三大组，每组按三种鲫鱼的血清分别试验。试验条件如表 1 所示。

表 1 三种鲫鱼补体替代途径 (C_s 旁路) 杀菌试验设计

Table 1 Experimental design of bactericidal reaction by the alternative pathway of complement (C_s shunt) for 3 strains of crucian carps

	试验组 I	试验组 II	试验组 III
血清量 (ml)	1	1	1
菌液量 ⁽¹⁾ (ml)	1	1	1
EGTA ⁽²⁾ (ml)	无	有	无
加热 (50°C 水浴 30 分钟)	无	无	有

注：(1) 菌液浓度为 3.7×10^8 个/ml，(2) EGTA—乙二醇双乙胺醚—N, N'-四乙酸，最终浓度 10^{-2} Mol/l。

上述三组均在 28°C 水浴中培养，边培养边轻微振荡。分别于 1 小时、3 小时、6 小时及 12 小时各取 0.5ml 培养液，用稀释平板菌落计数法计算菌的残存量及残存率^[9]。计算式如下：

$$\text{残存率} = \frac{\text{作用后的残存菌数}}{\text{作用前菌数}}$$

④补体总量测定 取上述制备的血清样品,用补体总量测定 CH₅₀法^[8],对三种鲫鱼进行测定。

(3) 白细胞吞噬试验 在制备上述血清样品的同时,每种鲫鱼各取4—5尾鱼的血滴,放入肝素处理过的离心管中,加等量菌液(浓度 6.0×10^8 个/ml),边加边摇,置28°C培养箱中保温30分钟,每隔10分钟摇一次,取出后1500转/分离心5分钟。弃去上清液,取表层制成血膜片,自然干燥,甲醇固定3分钟,瑞氏染色液染色,镜检。计算白细胞吞噬百分率及吞噬指数。计算式⁽⁴⁾如下:

$$\text{吞噬百分率} = \frac{\text{吞噬了菌的白细胞数}}{\text{观察记录的白细胞总数}} \times 100\%$$

$$\text{吞噬指数} = \frac{\text{被吞噬的细菌总数}}{\text{观察记录的吞噬细胞总数}}$$

结 果

(一) 半数致死量(LD₅₀)的测定结果

感染后,三种鲫鱼在三天内死亡情况如表2所示。测得半数致死量(LD₅₀)见表3。用2×J表作卡方检验^[12],结果表明三种鲫鱼的半数致死量差异极显著($P < 0.01$)。

表2 三种鲫鱼死亡率的比较

Table 2 Comparison of mortality of 3 strains of crucian carps

试验组	品 种	病 菌 稀 释 度	试 验 组			累 积 数			
			死亡比数	死亡数	存活数	总死亡数	总存活数	死 亡 率	
								比 数	百分数
第 一 次 试 验	白 鲫	10 ⁰	3/3	3	0	3	0	3/3	100
		10 ⁻¹	3/3	3	0	5	0	5/5	100
		10 ⁻²	2/3	2	1	2	1	2/3	66.7
		10 ⁻³	0/3	0	3	0	4	0/4	0
	银 鲫	10 ⁰	5/5	5	0	9	0	9/9	100
		10 ⁻¹	4/5	4	1	4	1	4/5	80
		10 ⁻²	0/5	0	5	0	6	0/6	0
		10 ⁻³	0/5	0	5	0	11	0/11	0
	彭泽鲫	10 ⁰	5/5	5	0	8	0	8/8	100
		10 ⁻¹	3/5	3	2	3	2	3/5	60
		10 ⁻²	0/5	0	5	0	7	0/7	0
		10 ⁻³	0/5	0	5	0	12	0/12	0
第 二 次 试 验	白 鲫	10 ⁰	4/4	4	0	12	0	12/12	100
		10 ⁻¹	5/5	5	0	8	0	8/8	100
		10 ⁻²	3/5	3	2	3	2	3/5	60
		10 ⁻³	0/4	0	4	0	6	0/6	0

1) 第二军医大学免疫教研组编,1990。医学免疫学实验讲义,69—71。

续 表

试验组	品 种	病 菌 稀 释 度	试 验 组			累 积 数			
			死亡比数	死亡数	存活数	总死亡数	总存活数	死 亡 率	
								比 数	百分率
第 二 次 试 验	银 鲫	10^0	3/3	3	0	10	0	10/10	100
		10^{-1}	5/5	5	0	7	0	7/7	100
		10^{-2}	2/5	2	3	2	3	2/5	40
		10^{-3}	0/3	0	3	0	6	0/3	0
	彭泽鲫	10^0	3/3	3	0	8	0	8/8	100
		10^{-1}	5/5	5	0	5	0	5/5	100
		10^{-2}	0/5	0	5	0	5	0/5	0
		10^{-3}	0/3	0	3	0	8	0/3	0

表 3 三种鲫鱼的半数致死量(LD_{50})测定值Table 3 Observed values of median lethal dose (LD_{50}) of 3 strains of crucian carps

品 种	白 鲫	异育银鲫	彭泽鲫
第一次试验	$10^{-2.25}$	$10^{-1.35}$	$10^{-1.17}$
第二次试验	$10^{-2.17}$	$10^{-1.63}$	$10^{-1.50}$
均 值	$10^{-2.21}$	$10^{-1.49}$	$10^{-1.34}$

(二) 补体试验

1. 试验鱼血清抗体检查 在所述三种凝集反应试验中, 试验A和B测得的结果相同, 均无凝集现象, 而试验C有凝集现象, 故此可证实试验鱼均为没有感染过嗜水气单胞菌的鱼。

2. 补体替代途径(C_3 旁路)杀菌试验 三种鲫鱼补体替代途径(C_3 旁路)杀菌试验结果列于表4。它清楚地表明, 随着培养时间的延长, 残存菌数量都增加, 但三种鲫鱼在三个不同数量级上存在差异。经过12小时的培养, 白鲫血清中残存菌量达 10^8 数量级, 异育银鲫达 10^{8-9} 数量级, 彭泽鲫达 10^{7-8} 数量级。图1表示试验组II(加EGTA)三种鲫鱼血清中残存菌浓度与时间的关系。

对残存率的方差分析^[12]表明(表5), 三种鲫鱼血清的补体替代途径(C_3 旁路)杀菌力存在显著差异($P < 0.05$), 而均值多重分析(表6)进一步表明, 白鲫血清中的细菌残存率高于异育银鲫, 更高于彭泽鲫

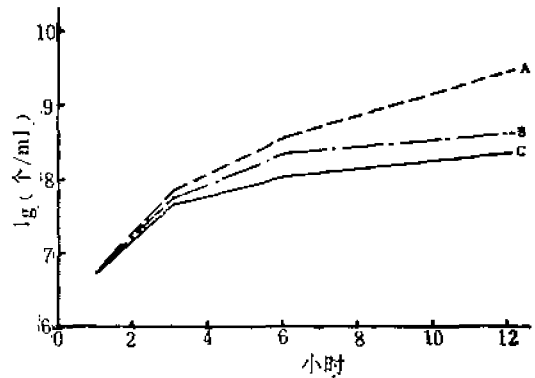


图 1 三种鲫鱼加 EGTA 血清中残存菌浓度与时间的关系

A. 白鲫; B. 异育银鲫; C. 彭泽鲫

Fig. 1 Relationship between the serum (with EGTA) bactericidal activity and time in 3 strains of crucian carps

A. White crucian carp; B. Allogynogenetic crucian carp; C. Pengzhe crucian carp

表4 三种鲫鱼补体替代途径(C₃旁路)杀菌试验结果Table 4 Testing results of bactericidal reaction by the alternative pathway of complement (C₃ shunt) for 3 strains of crucian carps

时间	指标	组别			试验组 I (不加热 不加 EGTA)			试验组 II (不加热 加 EGTA)			试验组 III (加热不加 EGTA)		
		白 鲫	银 鲫	彭泽鲫	白 鲫	银 鲫	彭泽鲫	白 鲫	银 鲫	彭泽鲫			
1 小时	残存菌浓度 (个/ml)	3.2×10^8	2.3×10^8	1.46×10^9	4.62×10^9	4.5×10^8	3.4×10^8	9.2×10^8	7.0×10^8	5×10^8			
	残存率	1.73	1.24	0.78	2.50	2.43	1.84	4.97	3.78	2.70			
3 小时	残存菌浓度 (个/ml)	3.49×10^7	1.76×10^7	1.23×10^7	7.23×10^7	4.5×10^7	2.9×10^7	4.14×10^8	2.8×10^8	1.58×10^8			
	残存率	18.86	9.51	6.65	39.35	24.32	15.68	223.78	151.35	85.41			
6 小时	残存菌浓度 (个/ml)	1.28×10^8	4.96×10^7	3.13×10^7	4.52×10^8	2.29×10^8	1.27×10^8	7.1×10^8	3.79×10^8	1.81×10^8			
	残存率	69.19	26.81	16.92	244.32	123.78	68.65	383.78	204.86	97.84			
12 小时	残存菌浓度 (个/ml)	2.56×10^9	1.56×10^8	7.83×10^7	2.8×10^9	3.27×10^8	1.84×10^8	3.34×10^9	1.43×10^9	4.36×10^8			
	残存率	1883.78	84.32	42.32	1513.51	176.76	99.46	1805.41	772.97	235.68			

表5 三种鲫鱼补体替代途径(C₃旁路)杀菌试验的细菌残存率的方差分析Table 5 ANOVA of the remained bacteria amount of alternative pathway of complement (C₃ shunt) testing for 3 strains of crucian carps

差异来源	方差	自由度	均方	F 值
品 种	1191200	2	595600	3.65 ⁽¹⁾
试验方法	236654	2	118327	0.73
品种 × 试验方法	1110724	4	277681	1.70
误 差	4242820	26	163185	
总 和	6781398	34		

注: (1) $F > F_{0.05}$, 差异显著。表6 三种鲫鱼补体替代途径(C₃旁路)杀菌试验的细菌残存率的均值多重比较分析Table 6 Multiple mean comparison of the remained bacteria amount in the testing of alternative pathway of complement (C₃ shunt) for 3 strains of crucian carps

品 种	三组试验平均值 (\bar{x})	$\bar{x} - 224.64$	$\bar{x} - 527$
白 鲫	1897.03	1673 ⁽¹⁾	1370 ⁽¹⁾
异育银鲫	527.38	303	
彭泽鲫	224.64		

注: (1) $D > D_{0.01}$, 差异极显著。(D > D_{0.01}), 而彭泽鲫与异育银鲫间有差异, 但不显著 (D < D_{0.05})。

3. 补体总量测定 三种鲫鱼补体总量测定结果列于表7。彭泽鲫平均为 6.40 单位/ml [补体总量从 1 毫升未稀释血清所含的 50% 溶血剂量 (CH₅₀ 单位) 数表示]。异育银鲫平均为 5.97 单位/ml, 白鲫平均为 2.20 单位/ml。方差分析表明, 差异极显著 ($P <$

表7 三种鲫鱼补体总量测定值(单位/ml)
Table 7 Observed values of total amount of complements
of 3 strains of crucian carps (unit/ml)

品 种	各 次 测 定 值				均值 ± 标准差
	1	2	3	4	
白 鲫	2.3	2.1	2.0	2.4	2.20 ± 0.18
异育银鲫	5.9	6.0	6.0	6.0	5.97 ± 0.05
彭泽鲫	6.0	6.6	6.5	6.5	6.40 ± 0.27

0.01)。

(三) 白细胞吞噬试验

三种鲫鱼白细胞吞噬功能比较结果列于表 8。三种鲫鱼的吞噬百分率和吞噬指数均有极显著差异 ($P < 0.01$)。均值多重分析表明, 吞噬百分率是彭泽鲫极显著优于白鲫和异育银鲫 ($D > D_{0.01}$), 白鲫与异育银鲫之间有差异, 但不显著; 吞噬指数则是彭泽鲫和异育银鲫显著优于白鲫 ($D > D_{0.05}$), 而彭泽鲫与异育银鲫间的差异不显著。

表 8 三种鲫鱼白细胞吞噬功能比较
Table 8 Comparison of Leukocyte phagocytic function of 3 strains of crucian carps

品 种	项 目	试 验 鱼 编 号					均值 ± 标准差
		1	2	3	4	5	
白 鲫	吞噬百分率	74.7	70.5	71.3	69.0	71.0	71.3 ± 2.09
	吞噬指数	2.21	2.13	2.73	2.21	2.91	2.44 ± 0.36
异育银鲫	吞噬百分率	71.6	74.5	72.4	74.5	—	73.3 ± 1.47
	吞噬指数	3.61	2.91	2.80	3.70	—	3.26 ± 0.47
彭泽鲫	吞噬百分率	83.0	80.1	81.5	88.0	—	83.15 ± 3.44
	吞噬指数	3.13	3.35	3.88	3.24	—	3.40 ± 0.33

讨 论

为了探讨三种鲫鱼对暴发性鱼病的抗病力有何差异, 我们采用由表及里的方法进行研究。第一步是进行半数致死量 (LD_{50}) 测定, 其结果是嗜水气单胞菌菌液浓度为 6.0×10^8 个/ml, 注射剂量为 0.3ml/尾时, 半数致死量 (LD_{50}) 是彭泽鲫 $10^{-1.34}$, 异育银鲫 $10^{-1.61}$, 白鲫 $10^{-2.21}$, 差异极显著 ($P < 0.01$)。第二步是进行造成以上差异的机理的研究, 从非特异性免疫进行探讨。非特异性免疫是机体在长期的发育与进化过程中, 逐渐建立起来的一系列防卫机能。一般认为, 动物的这种免疫机能在个体出生时就具有, 并受遗传因素的控制, 具有相对稳定性, 还具有种的差异。非特异性免疫包括三方面内容: 屏障结构(皮肤和粘膜等)、吞噬细胞及正常体液中抗微生物物质(补体等)。由于暴发性鱼病是一种败血症^[4], 我们只进行补体和吞噬细胞的研究。

补体是存在于正常人和动物血清中的具有酶活性的一组球蛋白,其主要作用有杀菌、溶菌、灭活病毒以及溶解细胞等。我们首先测定了三种鲫鱼的补体总量,这是检查机体免疫功能的一种方法。据 Smith 等(1967)对大鳍鳞鳃太阳鱼的研究和 Chiller 等(1969a, b)对鲑科鱼类的研究,鱼类的补体有种的特异性。本试验结果表明,彭泽鲫的补体总量为 6.40 单位/ml,异育银鲫的补体总量为 5.97 单位/ml,白鲫的补体总量为 2.20 单位/ml,即鲫鱼的补体总量存在种内差异。

补体的激活有二条途径。一是经典途径(C_1 激活途径),抗原和抗体结合成复合物后即有激活补体的能力;二是替代途径(C_3 旁路),补体可直接被抗原激活,而无需特异性抗体的存在。关于鱼类补体替代途径杀菌作用的报导很少。Ourth and Wilson(1982a, b)用斑点叉尾鲷进行了补体替代途径的研究;饭田贵次和若林久嗣(1983)在五种鱼(河鳗、虹鳟、鲤、非鲫、黑鲷)的血清中添加 EGTA,以络合血清中的钙离子,研究鱼类补体替代途径(C_3 旁路)的杀菌作用。这些研究均证实补体的杀菌作用的强弱存在着种间差异。本试验首先通过凝集反应确定试验鱼都没有感染过嗜水气单胞菌,即验明了鱼的试验资格后,进行了补体替代途径(C_3 旁路)杀菌等试验,结果表明鲫鱼补体杀菌作用的强弱存在显著的种内差异。

白细胞吞噬功能是鱼体非特异性免疫的重要组成部分,有防御病原微生物的作用。本研究对三种鲫鱼白细胞吞噬功能的测定结果证明,该功能存在显著的种内差异。

总之,无论是从补体还是吞噬细胞角度,本研究都揭示了不同品种鲫鱼对暴发性鱼病的抗病力存在显著的种内差异。

从生长速度来说,九江市水产研究所⁽²⁾发现彭泽鲫比白鲫快 44—81%,与异育银鲫相似。我们在 6 只水泥池中把彭泽鲫和异育银鲫进行同塘生长比较,结果是两者无显著差异。

白鲫无论是对暴发性鱼病的抗病力,还是在生长速度上,都是劣质品种。在对暴发性鱼病的抗病力上,彭泽鲫稍优于异育银鲫。

参 考 文 献

- [1] 安德森, D. P. (张寿山、华鼎可译), 1984. 鱼类免疫学, 110—113. 农业出版社(京).
- [2] 高健、李跃华, 1991. 鱼类抗病能力的差异. 水产养殖, (5): 24—26.
- [3] 徐宜为, 1979. 实验免疫学技术, 111—118. 科学出版社(京).
- [4] 蔡完其、胡静珍, 1992. 团头鲂、鳊及其正反杂交种对暴发性鱼病的抗病力比较和发病机理的初步探讨. 水产科技情报, 19(1): 6—9.
- [5] 饭田贵次、若林久嗣, 1983. 鱼类の补体の代替経路によつての杀菌作用. 鱼病研究, 18(2): 77—83.
- [6] Chiller, J. M. et al., 1969a. Antibody response in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). I. Immunocompetent cells in the spleen and anterior kidney. *J. Immunol.*, 102: 1198—1201.
- [7] ———, 1969b. Antibody response in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). II. Studies on the kinetics of development of antibody-producing cells and on complement and natural hemolysis. *ibid.*, 102: 1202—1207.
- [8] Fine, D. P. et al., 1972. C_3 shunt activation in human serum chelated with EGTA. *ibid.*, 109: 807—809.

(2) 九江市水产研究所, 1992. 关于建立彭泽鲫原种基地的论证报告(打印件).

- [9] Ourth, D. D. and E. A. Wilson, 1982a. Alternate pathway of complement and bactericidal response of the channel catfish to *Salmonella paratyphi*. *Dev. Comp. Immunol.*, **6**: 75—85.
- [10] —, 1982b. Bactericidal serum response of the channel catfish against gram-negative bacteria. *Ibid.*, **6**: 579—583.
- [11] Smith, A. M. et al., 1967. Antibody-forming cells in the pronephros of the teleost, *Lepomis macrochirus*. *J. Immunol.* **99**: 876—882.
- [12] Zar, J. H., 1974. *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall, INC. pp620.

RESISTANCE OF THREE STRAINS OF CRUCIAN CARPS TO THE OUTBREAK-FISH-DISEASE

Cai Wanqi and Shen Peifang

(Shanghai Fisheries University, 200090)

ABSTRACT A study of resistance of three strains of crucian carp (Pengzhe crucian carp, allogynogenetic crucian carp and white crucian carp) to the outbreak-fish-disease was conducted. When the concentration of the diseases caused bacteria-*Aeromonas hydrophila* was 6.0×10^8 ind./ml, injection dosage was 0.3 ml/fish, the median lethal dose (LD_{50}) for Pengzhe fish was $10^{-1.84}$, allogynogenetic fish was $10^{-1.61}$, white fish was $10^{-2.21}$, the differences were high significant ($P < 0.01$). The mechanism of resistance was studied from three sides: (1) The total amount of complements—the observed value in Pengzhe fish was 6.40 unit/ml, allogynogenetic fish was 5.97 unit/ml; white fish was 2.20 unit/ml, the difference was highly significant. (2) Bactericidal reaction by the alternative pathway of complement (C_3 shunt)—Pengzhe and allogynogenetic were better than white highly significant (multiple mean comparison, $D > D_{0.01}$). Pengzhe fish better than allogynogenetic fish, but not significant. (3) Leukocyte phagocytic function—there were a high significant difference among the 3 crucian carps ($P < 0.01$). In the phagocytic percentage, Pengzhe fish better than white and allogynogenetic fish highly significant ($D > D_{0.01}$), in the phagocytic index, the Pengzhe and allogynogenetic fish better than white significantly ($D > D_{0.05}$). Pengzhe fish is the better strain with high resistance to the outbreak-fish-disease, white fish is the worst.

KEYWORDS outbreak-fish-disease, Pengzhe crucian carp, allogynogenetic crucian carp, white crucian carp, resistance, median lethal dose (LD_{50}), complement alternative pathway, leukocyte phagocytic function