

A Comparative Study on the Resistance of Grass Carp, Barbel Chub and Hybrid F₁ Challenged with *Aeromonas hydrophila* and GCRV

Xiong Yang¹, Shengzhen Jin¹, Tiaoyi Xiao^{1,2*}

¹Hunan Engineering Research Center for Utilization of Characteristics of Aquatic Resources, Hunan Agricultural University, Changsha Hunan

²Collaborative Innovation Center for Efficient and Health Production of Fisheries in Hunan Province, Changde Hunan

Email: yangxiong.man@qq.com, ^{*}tyxiao1128@163.com

Received: Jun. 9th, 2018; accepted: Jun. 20th, 2018; published: Jun. 27th, 2018

Abstract

In order to compare the resistance of grass carp, barbel chub and their hybrid F₁ challenged with *Aeromonas hydrophila* and Grass Carp Reovirus (GCRV), five-month-old fishes were used in the study, which were intraperitoneal injected and hypertonic soaked with *Aeromonas hydrophila* and GCRV for one week. According to survival rate and disease symptom, the F₁ hybrids showed advanced resistance to *Aeromonas hydrophila* and GCRV compared to other species.

Keywords

Ctenopharyngodon idella, *Squaliobarbus curriculus*, Hybrid F₁, *Aeromonas hydrophila*, GCRV

草鱼、赤眼鲟及杂交F₁对嗜水气单胞菌、GCRV的抗性比较研究

杨 雄¹, 金生振¹, 肖调义^{1,2*}

¹湖南农业大学湖南省特色水产资源利用工程技术研究中心, 湖南 长沙

²水产高效健康生产湖南省协同创新中心, 湖南 常德

Email: yangxiong.man@qq.com, ^{*}tyxiao1128@163.com

*通讯作者。

文章引用: 杨雄, 金生振, 肖调义. 草鱼、赤眼鲟及杂交 F₁ 对嗜水气单胞菌、GCRV 的抗性比较研究[J]. 水产研究, 2018, 5(2): 64-75. DOI: 10.12677/ojfr.2018.52009

收稿日期：2018年6月9日；录用日期：2018年6月20日；发布日期：2018年6月27日

摘要

为探究草鱼、赤眼鲢及其杂交 F_1 在应对嗜水气单胞菌、草鱼出血病病毒(GCRV)的抗性差异,本实验以五月龄鱼为研究对象,采用腹腔注射和高渗浸泡两种方法人工感染以上细菌和病毒,连续7 d观察并记录实验鱼的症状和死亡情况。结果表明:四个群体中,杂交 F_1 对嗜水气单胞菌和GCRV具有较强的抗性。

关键词

草鱼, 赤眼鲢, 杂交 F_1 , 嗜水气单胞菌, 草鱼出血病病毒

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

草鱼 (*Ctenopharyngodon idella*) 属于鲤形目 (*Cypriniformes*)、鲤科 (*Cyprinidae*)、雅罗鱼亚科 (*Leuciscinae*)、草鱼属 (*Ctenopharyngodon*), 是我国养殖密度最大的淡水养殖品种[1], 2017 年产量高达 589.88 万吨[2]。如今, 草鱼种质资源衰退严重, 疾病频发, 其中草鱼出血病严重地制约着我国水产养殖业的发展, 目前尚没有特别有效的方法针对该疾病[3]。

赤眼鲢 (*Squaliobarbus curriculus*) 属于鲤形目 (*Cypriniformes*)、鲤科 (*Cyprinidae*)、雅罗鱼亚科 (*Leuciscinae*)、赤眼鲢属 (*Squaliobarbus*)。赤眼鲢不仅形态上与草鱼相似, 研究还表明赤眼鲢对 GCRV 具有较强的抗性[4] [5] [6] [7], 是草鱼理想的杂交对象。

随着我国草鱼养殖规模的不断扩大, 草鱼出血病给我国草鱼养殖业带来的经济损失也在不断加剧[8], 提高草鱼的抗病能力迫在眉睫。通过杂交的方式提高鱼类的抗性是鱼类品种改良的有效方式[9] [10]。

本实验以团队前期获得的普通草鱼(♀) × 赤眼鲢(♂) (正交 F_1) 和赤眼鲢(♀) × 草鱼(♂) (反交 F_1) 以及草鱼、赤眼鲢为材料, 通过比较四种实验对象对细菌和病毒的抗性差异, 以期为草鱼抗病新品种的选育、鱼病防治以及提高草鱼养殖生产效益等方面提供科学依据。

2. 材料和方法

2.1. 材料

试验鱼来自湖南农业大学水产基地, 五月龄, 正交 F_1 (15.80 ± 2.68 g)、反交 F_1 (15.92 ± 5.63 g)、草鱼 F_1 (33.82 ± 9.21 g)、赤眼鲢 F_1 (13.50 ± 5.06 g), 每种鱼按 50 尾/组分好; 嗜水气单胞菌、草鱼出血病病毒 GCRV-104 来自于湖南农业大学微生物实验室。

2.2. 人工感染实验

2.2.1. 病毒感染

a、实验鱼暂养

挑选健康的实验鱼暂养 14 d, 水温 $27^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$, 持续充氧, 及时清理粪便和残饵。

b、人工腹腔注射

用丁香油将 4 种实验鱼短暂麻醉，分别腹腔注射制备的病毒上清液，注射剂量按 10 ul/g 计算，注射后，养殖条件不变，移入养殖桶中暂养，以非注射处理鱼作对照。

c、浸泡感染

浸泡感染实验参照文献[11]-[16]，用曝气自来水稀释 GCRV-104 病毒悬液至 10^5 倍 TCID₅₀。

先用含 6% NaCl 的曝气自来水浸泡处理实验个体 90 s，然后立即放入 20 L 含 10^5 TCID₅₀ 的病毒的曝气自来水中浸泡 1 h，最后移入养殖桶中暂养。另取 1 组鱼作为对照组，浸泡后放入不含 GCRV 病毒的桶中暂养。

d、观察并记录数据

连续 7 d 记录每组鱼的表现症状和每天死亡数量。

2.2.2. 细菌感染

a、实验鱼暂养

养殖条件同病毒感染实验。

b、人工腹腔注射

将 4 种实验鱼短暂麻醉，人工腹腔注射 0.2 mL 浓度分别为： 3×10^8 CFU/mL、 3×10^7 CFU/mL 和 3×10^6 CFU/mL 的菌液，每种浓度每种鱼处理 1 组，以非注射处理鱼作对照。

c、浸泡感染

用含 6% NaCl 的曝气自来水浸泡 90 s，然后立即放入 20 L 含 10 mL 3×10^8 CFU/mL、 3×10^7 CFU/mL 和 3×10^6 CFU/mL 3 个菌液浓度的的曝气自来水中浸泡 1 h，最后移入养殖桶中暂养。对照组浸泡 6% NaCl 的曝气自来水 90 s 后移入不含嗜水气单胞菌的桶中。

d、观察并记录数据

连续 7 d 记录每组鱼的表现症状和每天死亡数量。

3. 结果

在腹腔注射和浸泡感染环节中，通过观察实验鱼从发病至死亡阶段所表现的症状(图 1~6)，与草鱼出血病症状极为相似，主要症状表现为摄食下降、活力减弱，随后出现为呼吸加速，感染部位红肿，死亡体表充血，眼眶充血，眼球突出，肛门红肿，肌肉出血，鳃壁充血，与王铁辉[16]、杜雄伟[17]、孙峰[18]的结果一致，因此可认定为感染嗜水气单胞菌和 GCRV 导致草鱼出血病。

3.1. GCRV 感染结果

经腹腔注射和浸泡感染 GCRV-104 后，实时观察各组鱼从发病至生命活动区域稳定共 7 天内的情况，在腹腔注射和浸泡感染实验中，结果表明杂交 F₁ 对 GCRV 的抵抗力明显强于普通草鱼和赤眼鳟(表 1、图 7、图 8)。

在腹腔注射感染实验中，通过记录实验鱼每天的死亡数情况(表 2、图 9)，草鱼每天均有死亡，第 3 天至第 7 天每天的死亡数量均超过 7 条，累计死亡数达到 40，累计死亡率为 80%；赤眼鳟第 1 天未出现死亡，从第 2 天持续至第 7 天每天出现死亡，第 3 天死亡数达到最高，随后死亡数逐天降低；正交 F₁ 只有第 1、3、4、5 天出现死亡，且死亡的实验鱼数量少，死亡数最多的一天为 4 条；反交 F₁ 第一天和第二天均出现 1 条死亡，第三天出现 5 条死亡，第四天出现死亡数达到最高，死亡数为 6，统计结果表明，在腹腔 GCRV 感染实验中，草鱼累计死亡 40 条，赤眼鳟累计死亡 25 条，正交 F₁ 累计死亡 10 条，反交 F₁ 累计死亡 15 条，对照组中无死亡现象。



Figure 1. Abdominal hyperemia
图 1. 腹部充血



Figure 2. Orbital congestion
图 2. 眼眶充血



Figure 3. Anal swelling
图 3. 肛门红肿



Figure 4. Maw congestion
图 4. 鳔壁充血



Figure 5. Muscle hemorrhage
图 5. 肌肉出血



Figure 6. Gills hemorrhage
图 6. 鳃部出血

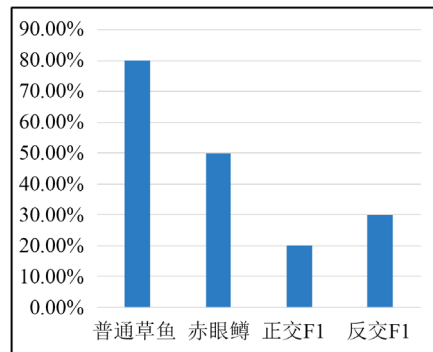


Figure 7. Cumulative mortality statistics by intraperitoneal injection of GCRV
图 7. 腹腔注射 GCRV 累计死亡率统计

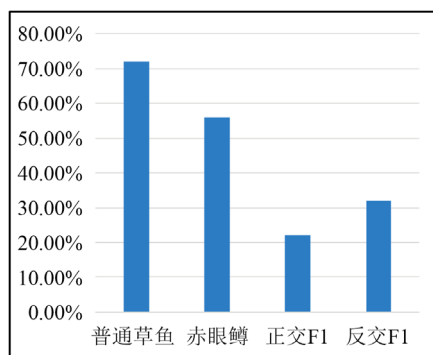


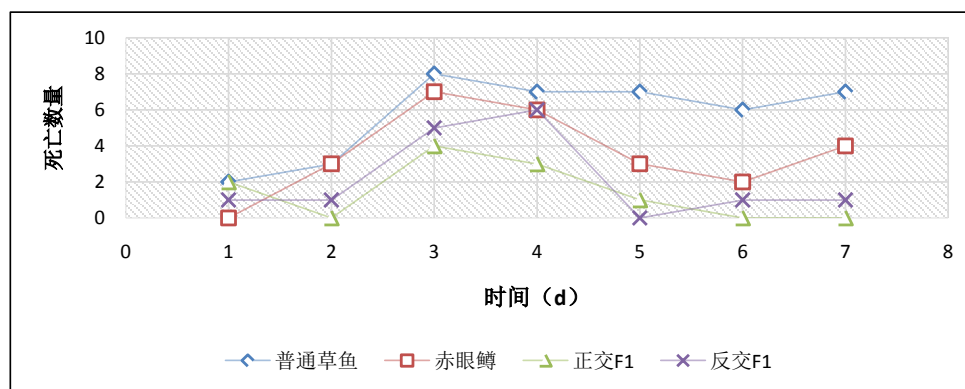
Figure 8. Cumulative mortality statistics by bath exposure of GCRV
图 8. 腹腔注射 GCRV 累计死亡率统计

Table 1. The infection results among four species infected by GCRV**表 1.** GCRV 感染结果统计

种群	项目	腹腔注射 10 ul/g	浸泡浓度 10^5 TCID ₅₀	空白对照
普通草鱼	死亡数	40	36	0
	死亡率	80.00%	72.00%	0.00%
赤眼鲮	死亡数	25	28	0
	死亡率	50.00%	56.00%	0.00%
正交 F ₁	死亡数	10	9	0
	死亡率	20.00%	18.00%	0.00%
反交 F ₁	死亡数	15	16	0
	死亡率	30.00%	32.00%	0.00%

Table 2. The results daily death statistics among four species by intraperitoneal inject GCRV**表 2.** 腹腔注射 GCRV 每天死亡结果统计

剂量	种群	开始出现死亡时间(d)及死亡数量(条)							累计死亡数
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	
10 ul/g	普通草鱼	2	3	8	7	7	6	7	40
	赤眼鲮	0	3	7	6	3	2	4	25
	正交 F ₁	2	0	4	3	1	0	0	10
	反交 F ₁	1	1	5	6	0	1	1	15

**Figure 9.** The results daily death statistics among four species intraperitoneal inject by GCRV**图 9.** 腹腔注射 GCRV 每天死亡结果统计

在浸泡染实验中, 通过记录实验鱼每天的死亡数情况(表 3、图 10), 攻毒后, 草鱼和赤眼鲮从第 1 天开始每天有死亡, 第 4 天死亡数达到最高; 草鱼、赤眼鲮分别死亡 9 条和 10 条; 正交 F₁ 一共出现 11 条鱼死亡, 发病时间主要集中在第 3~4 天, 第 3 天死亡 5 条, 第 4 天死亡 4 条, 占死亡总数的 81.82%; 反交 F₁ 一共出现 16 条鱼死亡, 发病时间同样主要集中在第 3~4 天, 第 3 天死亡 5 条, 第 4 天死亡 8 条, 占死亡总数的 81.25%。统计结果表明, 在浸泡 GCRV 感染实验中, 草鱼累计死亡 36 条, 赤眼鲮累计死亡 28 条, 正交 F₁ 累计死亡 11 条, 反交 F₁ 累计死亡 16 条, 对照组中无死亡现象。

以上结果初步说明杂交 F₁ 的抗 GCRV 的能力远远优于其父母本。

Table 3. The results daily death statistics among four species by bath exposure of bacteria
表 3. 浸泡感染 GCRV 每天死亡结果统计

浸泡浓度	种群	开始出现死亡时间(d)及死亡数量(条)							累计死亡数
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	
10^5 TCID ₅₀	普通草鱼	3	5	8	9	5	3	3	36
	赤眼鳟	1	3	8	10	3	1	2	28
	正交 F ₁	1	0	5	4	0	0	1	11
	反交 F ₁	0	0	5	8	2	1	0	16

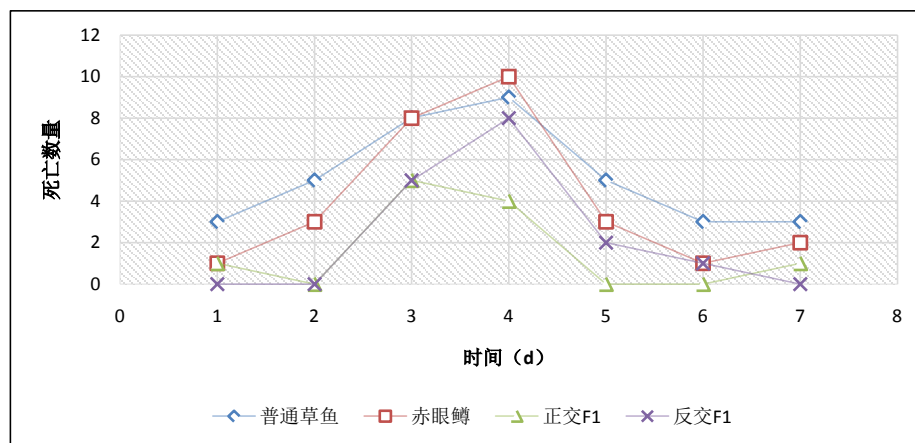


Figure 10. The results daily death statistics among four species by bath exposure of bacteria
图 10. 浸泡感染 GCRV 每天死亡结果统计

3.2. 细菌感染结果

经腹腔注射和浸泡感染嗜水气单胞菌后，实时观察各组鱼从发病至生命活动区域稳定共 7 天内的情况。结果显示，在浸泡感染实验和腹腔注射感染实验中，杂交 F₁ 的累计死亡率均明显低于草鱼和赤眼鳟的累计死亡率，表明杂交 F₁ 对嗜水气单胞菌的抵抗力明显强于普通草鱼和赤眼鳟(表 4、表 5)。

在腹腔感染实验中，通过记录实验鱼每天的死亡数情况(表 4、图 11~13)，当浓度为 3×10^8 CFU/mL 时，普通草鱼的死亡率为 58%，赤眼鳟的死亡率为 44%，正交 F₁ 代的死亡率为 22%，反交 F₁ 代的死亡率为 24%；当浓度为 3×10^7 CFU/mL 时，普通草鱼的死亡率为 54%，赤眼鳟的死亡率为 38%，正交 F₁ 代的死亡率为 18%，反交 F₁ 代的死亡率为 12%；当浓度为 3×10^6 CFU/mL 时，普通草鱼的死亡率为 48%，赤眼鳟的死亡率为 34%，正交 F₁ 代的死亡率为 12%，反交 F₁ 代的死亡率为 8%；各对照组中均无死亡。在腹腔感染实验中，整个攻毒实验共进行 7 天，共计死亡 186 条鱼，死亡高峰期均集中在第 3 天和第 4 天，共计死亡 114 条，占死亡总数的 61.29%。

在浸泡感染实验中，通过记录实验鱼每天的死亡数情况(表 5、图 14~16)，当浓度为 3×10^8 CFU/mL 时，普通草鱼的死亡率为 54%，赤眼鳟的死亡率为 38%，正交 F₁ 代的死亡率为 20%，反交 F₁ 代的死亡率为 32%；当浓度为 3×10^7 CFU/mL 时，普通草鱼的死亡率为 50%，赤眼鳟的死亡率为 36%，正交 F₁ 代的死亡率为 8%，反交 F₁ 代的死亡率为 30%；当浓度为 3×10^6 CFU/mL 时，普通草鱼的死亡率为 42%，赤眼鳟的死亡率为 28%，正交 F₁ 代的死亡率为 10%，反交 F₁ 代的死亡率为 25%，各对照组中均无死亡。在浸泡感染实验中，整个攻毒实验共进行 7 天，共计死亡 184 条鱼，死亡高峰期均集中在第 3 天和第 4 天，共计死亡 126 条，占死亡总数的 68.48%。

Table 4. The results daily death statistics among four species by intraperitoneal inject *Aeromonas hydrophila*
表 4. 腹腔注射嗜水气单胞菌每天死亡结果统计

细菌浓度	种群	开始出现死亡时间(d)及死亡数量(条)							累计死亡数
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	
3×10^8 CFU/mL	普通草鱼	2	0	7	6	6	5	3	29
	赤眼鲮	0	2	6	5	5	1	3	22
	正交 F ₁	1	1	3	4	0	1	1	11
	反交 F ₁	0	1	4	6	1	0	0	12
3×10^7 CFU/mL	普通草鱼	3	1	7	10	3	2	1	27
	赤眼鲮	0	2	8	7	1	0	1	19
	正交 F ₁	0	1	2	2	2	0	2	9
	反交 F ₁	0	1	1	1	1	1	1	6
3×10^6 CFU/mL	普通草鱼	2	5	7	8	0	1	1	24
	赤眼鲮	1	0	8	6	1	1	0	17
	正交 F ₁	0	1	2	2	1	0	0	6
	反交 F ₁	0	1	1	1	1	0	0	4

Table 5. The results daily death statistics among four species by bath exposure of bacteria
表 5. 浸泡水气单胞菌每天死亡数据统计

细菌浓度	种群	开始出现死亡时间(d)及死亡数量(条)							累计死亡数
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	
3×10^8 CFU/mL	普通草鱼	2	4	6	8	4	2	1	27
	赤眼鲮	0	0	7	6	3	1	2	19
	正交 F ₁	0	0	4	5	0	0	1	10
	反交 F ₁	0	0	8	7	1	0	0	16
3×10^7 CFU/mL	普通草鱼	1	1	6	11	1	2	3	25
	赤眼鲮	1	2	7	8	0	0	0	18
	正交 F ₁	1	1	1	1	0	0	0	4
	反交 F ₁	2	0	5	6	0	1	1	15
3×10^6 CFU/mL	普通草鱼	1	1	4	7	5	2	1	21
	赤眼鲮	0	4	5	4	0	1	0	14
	正交 F ₁	1	0	1	2	1	0	0	5
	反交 F ₁	1	2	4	3	0	0	0	10

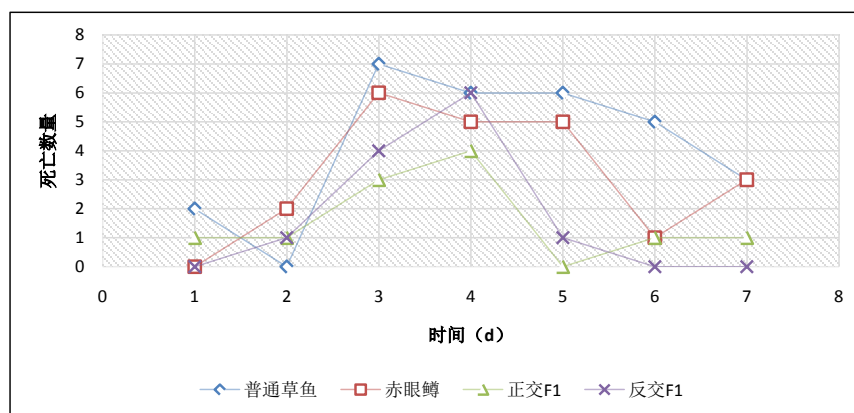


Figure 11. Intraperitoneal injection of bacteria at a concentration of 3×10^8 CFU/mL
图 11. 3×10^8 CFU/mL 浓度，腹腔注射细菌每天死亡结果统计

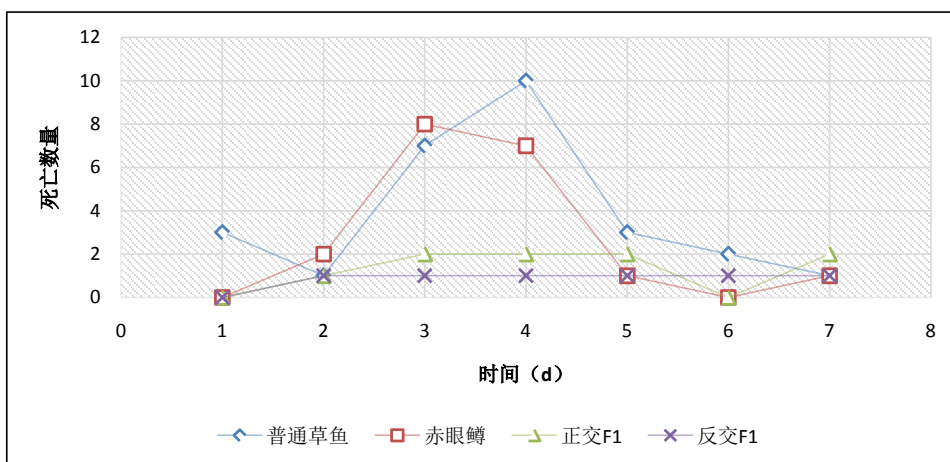


Figure 12. Intraperitoneal injection of bacteria at a concentration of 3×10^7 CFU/mL
 图 12. 3×10^7 CFU/mL 浓度，腹腔注射细菌每天死亡结果统计

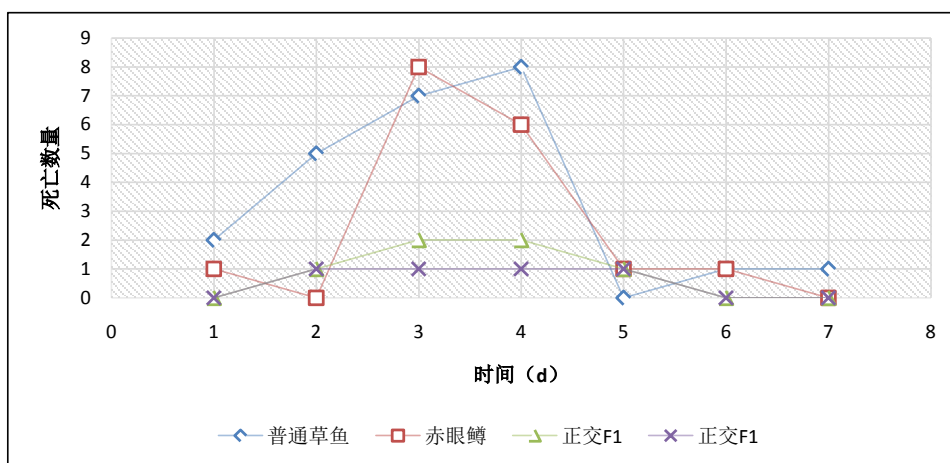


Figure 13. Intraperitoneal injection of bacteria at a concentration of 3×10^6 CFU/mL
 图 13. 3×10^6 CFU/mL 浓度，腹腔注射细菌每天死亡结果统计

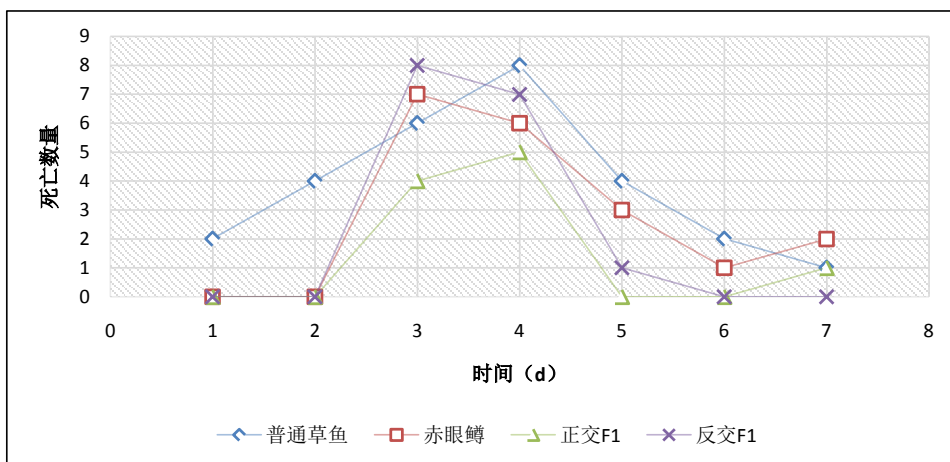


Figure 14. Bath exposure of bacteria at a concentration of 3×10^8 CFU/mL
 图 14. 3×10^8 CFU/mL 浓度，浸泡感染细菌每天死亡结果统计

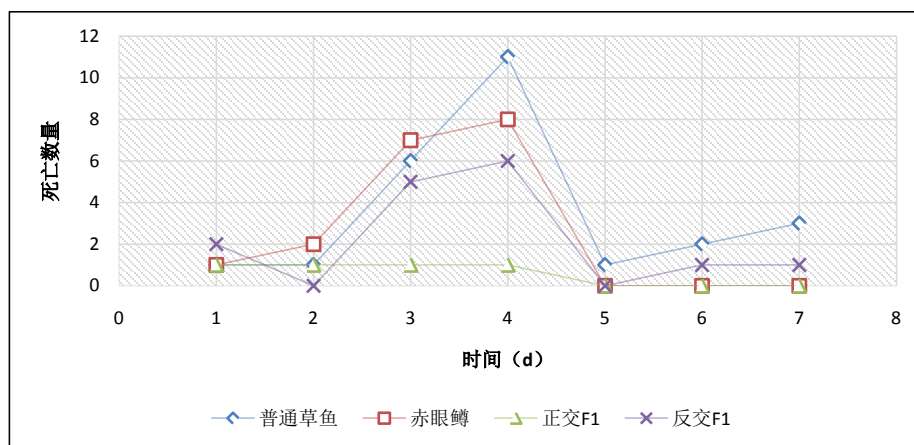


Figure 15. Bath exposure of bacteria at a concentration of 3×10^7 CFU/mL
 图 15. 3×10^7 CFU/mL 浓度, 浸泡感染细菌每天死亡结果统计

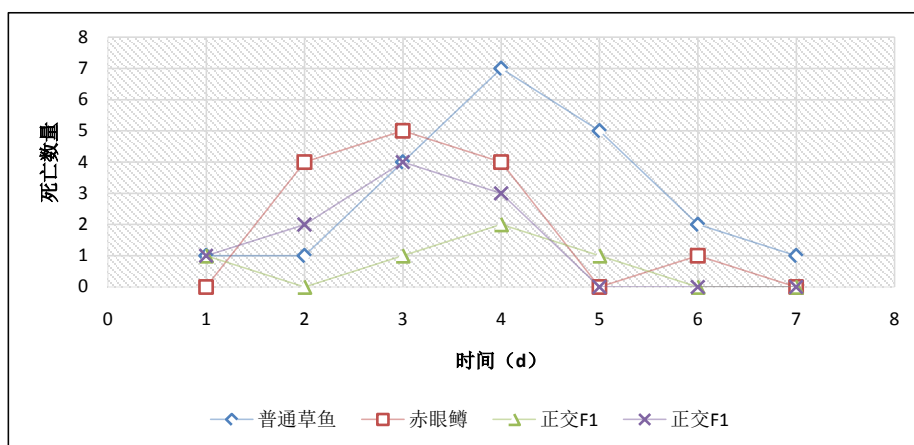


Figure 16. Bath exposure of bacteria at a concentration of 3×10^6 CFU/mL
 图 16. 3×10^6 CFU/mL 浓度, 浸泡感染细菌每天死亡结果统计

以上结果初步说明赤眼鳟的抗嗜水气单胞菌的能力优于草鱼, 杂交 F₁ 代的抗嗜水气单胞菌的能力不但优于赤眼鳟, 而且大大优于草鱼。

4. 讨论

草鱼是我国养殖密度最大的淡水养殖品种, 草鱼种质资源衰退严重, 疾病频发, 其中草鱼出血病严重地制约着我国水产养殖业的发展, 随着生物技术发展, 利用杂交技术改良种质资源提高草鱼抗病力是从根本上解决草鱼出血病这一难题的治本途径[9] [10]。

通过杂交的方式提高鱼类的抗逆性是鱼类品种改良的有效方式。目前已经开展了大量的工作, 青鱼 (*Mylopharyngodon piceus*) 与三角鲂 (*Megalobrama terminalis*) 的正、反交 F₁ 证实抗病力较强[3], 鲢鱼 (*Cirrhinus molitorella*) (♀) 与湘华鲮 (*Sinilabeo decorus tungting*) (♂) 杂交获得的 F₁ 和回交 F₂ 耐低温能力比父母本强[19]。

为了提高草鱼的抗病能力, 同时也有相关研究开展了草鱼(♀)与团头鲂(♂)杂交[20] [21]、草鱼与赤眼鳟正、反交[22]、草鱼(♂)与兴国红鲤 (*Cyprinus Carpio singuonensis*) (♀) 杂交[23]等试验, 金燮理[24] [25] 等和金万昆[26] [27] 研究发现以草鱼和赤眼鳟为母本远缘杂交获得的正交和反交 F₁ 在生长速度和抗病力

等相对来说都有所提高。本研究通过对实验对象进行浸泡和腹腔注射感染嗜水气单胞菌和 GCRV, 统计 7 天内 4 种鱼死亡率表明, 杂交 F₁ 代死亡率均显著低于父母本, 这与金燮理等、金万昆等、胡尖廷等[28]、Liu [29] [30]等的研究的结果相似, 说明杂交 F₁ 对嗜水气单胞菌和 GCRV 具有较强的抵抗力, 杂交 F₁ 继承了父本赤眼鳟抗病力强的优点。

5. 结论

本试验结果初步判断草鱼、赤眼鳟远缘杂交 F₁ 代新个体具有作为抗嗜水气单胞菌和 GCRV 病毒的新品种推广的潜力, 同时为草鱼抗病育种提供了新思路。

基金项目

国家自然科学基金面上项目(31272652)。

参考文献

- [1] 戈贤平, 缪凌鸿. 我国大宗淡水鱼产业发展现状与体系研究进展[J]. 中国渔业质量与标准, 2011, 1(3): 22-31.
- [2] 董金和. 中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2017.
- [3] 楼允东. 我国鱼类近缘杂交研究及其在水产养殖上的应用[J]. 水产学报, 2007(4): 532-538.
- [4] 金万昆. 赤眼鳟(♀)与鳙(♂)杂交子代生物学特性[J]. 中国水产科学, 2012, 19(4): 611-619.
- [5] 刘巧林, 肖调义, 刘敏, 等. 赤眼鳟生物学研究进展[J]. 水产科学, 2012, 31(11): 687-691.
- [6] 刘巧林. 草鱼与赤眼鳟杂交 F₁ 遗传特征及对草鱼呼肠孤病毒抗性的研究[D]: [博士学位论文]. 长沙: 湖南农业大学, 2013.
- [7] 王红权. 基于 GCRV 抗性提高的草鱼免疫特性分析[D]: [博士学位论文]. 长沙: 湖南农业大学, 2014.
- [8] Li, J., Wang, T., Yi, Y., et al. (1997) A Detection Method for Grass Carp Hemorrhage virus (GCHV) Based on a Reverse Transcription Polymerase Chain-Action. *Diseases of Aquatic Organisms*, **29**, 7-12. <https://doi.org/10.3354/dao029007>
- [9] Jame, S.M. (2007) Hybrid-speciation. *Nature*, **446**, 279-283.
- [10] 李思发, 王成辉, 刘志国, 等. 三种红鲤生长性状的杂种优势与遗传相关分析[J]. 水产学报, 2006, 30(2): 175-180.
- [11] 刘林, 徐诗英, 李婧慧, 等. 草鱼出血病病毒 vp6 核酸疫苗的免疫效果评估[J]. 中国水产科学, 2012, 19(5): 841-847.
- [12] 李军, 王铁辉, 周立冉, 等. 两种草鱼出血病病毒的比较[J]. 中国水产科学, 1998, 5(3): 115-118.
- [13] 方勤, 肖调义, 清泉, 等. 草鱼呼肠孤病毒新分离株(GCRV991)的病毒学特性分析[J]. 中国病毒学, 2002, 17(2): 178-181.
- [14] 曾令兵, 贺路, 左文功. 草鱼出血病病毒 854 株的理化、生物学特性及基因组结构[J]. 水产学报, 1998, 22(3): 279-282.
- [15] 贾方钧, 王铁辉, 张义兵, 等. 干扰素防治草鱼出血病的效果初探[J]. 水产科学, 2000, 19(4): 1-4.
- [16] 王铁辉, 刘沛霖, 陈宏溪, 等. 稀有鱼句鲫对草鱼出血病病毒敏感性的初步研究[J]. 水生生物学报, 1994, 18(2): 144-149.
- [17] 杜雄伟, 于博, 李叶, 等. 剑尾鱼感染嗜水气单胞菌的动态病理变化观察[J]. 中国兽医科技, 2004, 34(10): 22-25.
- [18] 孙峰, 张煜, 李立德, 等. 感染嗜水气单胞菌对鲫鱼非特异性免疫功能的影响[J]. 中国海洋大学学报, 2005, 35(5): 815-818.
- [19] 王祖熊, 张锦霞, 黄文郁, 等. 鲢鱼遗传改良的研究[J]. 水生生物学集刊, 1984(2): 195-206.
- [20] 长江水产研究所. 草鱼与武昌鱼的人工杂交[J]. 动物利用与防治, 1972(2): 22-23.
- [21] 长江水产研究所. 草鱼与武昌鱼杂交种[J]. 农业科技通讯, 1972(2): 34-37.
- [22] 金燮理, 陈尔曼. 草鱼赤眼鳟杂种一代主要生物学特征[J]. 内陆水产, 2002, 27(8): 19.

- [23] 吴维新, 林临安, 徐大义. 一个四倍体杂种(草鱼(♂)与兴国红鲤(♀))[J]. 内陆水产, 1982(1): 28-31.
- [24] 金變理, 金宏, 王明龙, 等. 草鱼赤眼鳟 F₁ 与其亲本遗传性状的比较研究[J]. 生命科学研究, 1999, 3(4): 316-320.
- [25] 金變理, 田习初, 曾国晴, 等. 草鱼赤眼鳟杂交繁殖及苗种培育的初步研究[J]. 内陆水产, 1997(12): 6-7.
- [26] 金万昆, 俞丽, 杨建新, 等. 赤眼鳟♂与鳙♀杂交子代生物学特性[J]. 中国水产科学, 2012, 19(4): 611-619.
- [27] 金万昆. 淡水鱼类远缘杂交实验报告[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2009.
- [28] 胡廷尖, 李训朗, 黄小红, 等. 赤眼鳟♂与草鱼♀及其杂交 F₁ 形态差异分析[J]. 河北渔业, 2011(9): 1-4.
- [29] Liu, Q.L., Xu, B.H., Xiao, T.Y., *et al.* (2013) The Complete Mitochondrial Genome of the Hybrid of *Ctenopharyngodon idella* (♀) × *Squaliobarbus cueeiculus* (♂). Mitochondrial DNA.
- [30] Liu, Q.L., Xu, B.H., Xiao, T.Y., *et al.* (2013) Mitochondrial DNA Sequence of the Hybrid of *Squaliobarbus cueeiculus* (♂) × *Ctenopharyngodon idella* (♀). Mitochondrial DNA.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2373-1443, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ojfr@hanspub.org