

盐度对咸海卡拉白鱼生长及组织学特征的影响

王信海^{1,2}, 蔺玉华¹, 姜秋隼^{1,3}, 姜爱兰⁴, 周伯文³

(1. 中国水产科学研究院黑龙江水产研究所, 黑龙江 哈尔滨 150070; 2. 上海海洋大学 生命科学与技术学院, 上海 200090; 3. 大连水产学院 生命科学与技术学院, 辽宁 大连 116023; 4. 华中师范大学 生命科学学院, 湖北 武汉 430079)

摘要: 将咸海卡拉白鱼 (*Chalcalburnus chalcoides aralensis*) 在不同盐度 (0.24、2.12、3.95、5.90、7.64、9.38、11.32、13.62、15.55) 水体中饲养 30 d 后, 在盐度 11.32 以下的实验组鱼的成活率为 100%; 盐度 13.62 时, 24 h 全部死亡; 盐度 15.55 时, 12 h 死亡率达 100%。盐度为 2.12 和 3.95 组实验鱼的日均增重和特定生长率与对照组 (盐度为 0.24 组) 无明显差异 ($P>0.05$); 盐度为 5.90 和 7.64 组鱼的日均增重和特定生长率均低于对照组 ($P<0.05$), 生长受到抑制; 盐度为 3.95、5.90 和 7.64 组鱼的血糖浓度均低于对照组 ($P<0.05$); 盐度为 5.90 和 7.64 组肝脏谷丙转氨酶 (GPT) 活性显著高于对照组 ($P<0.05$)。组织学观察发现, 低盐度 (2.12 和 3.95) 组鱼与对照组相比无病理性变化。而中盐度 (5.90 和 7.64) 组鱼的鳃上皮细胞发生肥大、增厚; 肝细胞发生肿大, 细胞变形; 肾小囊体积极缩小, 肾小球囊腔增大; 各级肾小管出现萎缩, 管腔缩小。高盐度 (9.38 和 11.32) 组鱼鳃上皮细胞增厚, 水肿加重, 鳃上皮隆起, 上皮细胞坏死和脱落; 肝细胞肿大加重, 部分细胞核溶解出现肝组织空泡化; 肾小囊严重萎缩、退化, 肾小球囊腔继续增大; 肾小管上皮细胞坏死, 出现肾充血。生长、生化指标和组织学观测结果表明, 咸海卡拉白鱼生长的最适盐度为 5.90 以下。[中国水产科学, 2008, 15(5): 808-815]

关键词: 盐度; NaCl; 咸海卡拉白鱼; 生长; GPT; 血糖; 组织学特征

中图分类号: Q959.468

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2008)05-0808-08

咸海卡拉白鱼 (*Chalcalburnus chalcoides aralensis*) (简称卡拉白鱼) 隶属鲤科 (cyprinidae), 卡拉白属 (*Chalcalburnus chalcoides*)^[1], 还有学者称之为“泥铂”^[2]。卡拉白鱼产于乌兹别克斯坦咸海, 对盐度的适应范围为 0.5~11.0, 碱度为 1.8~32.0 mmol/L。1980 年以来, 由于咸海气候的变化, 盐度不断升高 (高达约 40), 鱼类几乎灭绝, 咸海 (盐度为 11) 中的卡拉白鱼已迁移至邻近咸湖 (Aral Lake, 盐度为 5), 现成为乌兹别克斯坦濒危野生种^[3-4]。该鱼具有肉质好, 味鲜美, 抗病性强, 耐盐碱等优良性状。中国有 3 万多 km² 靠近水源但不适于耕种的盐碱地, 其主要特点为高盐、高碱和高 pH 值。“以渔改碱”被证明是开发利用这部分土地资源的行之有效的途径^[5]。鉴于中国内陆盐碱水域广阔, 但耐盐性鱼类养殖品种单一, 因此, 引入咸海卡拉白鱼具有实际应用价值。

目前, 国内外学者对广盐性鱼类在不同渗透压环境中细胞结构及其变化机理进行了较系统的研

究^[6-10], 而对卡拉白属鱼的研究仅限于对土耳其塔氏卡拉白鱼 (*Chalcalburnus tarichi*) 的氨、尿素代谢及其适应高盐碱生活史的报道^[11-12]。对野生卡拉白鱼的自然繁殖和食性的研究^[1-2] 以及对咸海卡拉白鱼生物学特征, 人工繁殖, 染色体核型, 盐碱耐受性以及盐度对其渗透压, 血清离子, Na⁺/K⁺-ATP 酶影响等方面研究^[13-17] 也有报道。本研究探讨了盐度胁迫对卡拉白鱼生长、生化指标及组织结构的影响, 旨在揭示卡拉白鱼在不同盐度条件下其生化指标和组织结构变化与生长的关系, 为鱼类基础生物学研究及盐碱水域渔业资源开发与利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验用咸海卡拉白鱼取自北京房山鲟鱼繁育中心, 为 3 龄卡拉白鱼, 鱼体质量 23.50~59.79 g, 体长 15.30~19.50 cm。实验试剂为北京化工厂生产的分析纯氯化钠 (NaCl)。

收稿日期: 2007-10-23; **修订日期:** 2008-03-11.

基金项目: 黑龙江省科技厅国际科技合作项目 (WC04207); 农业部“948”引进项目 (963086); 国家外国专家局示范项目 (Y20052300002).

作者简介: 王信海 (1982-), 男, 硕士研究生, 从事鱼类生理学研究. E-mail: hai92913@163.com

通讯作者: 蔺玉华, 研究员. Tel: 0451 84862298, 13313636907; E-mail: Linyuhua50@sohu.com

1.2 实验设计

本实验采用 NaCl 溶液模拟一定盐度的水体对卡拉白鱼进行盐度暴露。将盐度为 5.90 以上实验组鱼先放于盐度为 3.95 的水中驯化 7 d 后, 分别放养于 NaCl 质量浓度系列为 0、2、4、6、8、10、12、14 和 16 g/L 的 150 L 水族箱内 (实测盐度依次为 0.24、2.12、3.95、5.90、7.64、9.38、11.32、13.62、15.55)。每箱放 8 尾鱼, 同时每个盐度组设 1 个平行组。24 h 充氧, 每天清污, 每天按鱼体质量的 3% 分 2 次投喂。实验用水取自渔场地下水, 水质参数如表 1 所示。

1.3 样品的采集、制备和检测

实验鱼驯养 30 d 后取样, 取样前停食 24 h。尾静脉取血、离心, 将血清和鱼的鳃、肝、肾组织样放于冰箱 (-20 °C) 保存。

实验开始、结束时分别测定鱼的体长 (精确到 1 mm) 和体质量 (精确到 0.01 g)。按以下公式计算日均增重量和特定生长率:

$$\text{日均增重量 } \Delta W = (W_2 - W_1) / (t_2 - t_1)$$

特定生长率 $\text{SGR} = 100 \times (\ln W_2 - \ln W_1) / (t_2 - t_1)$ 式中: W_1 为初始平均体质量 (g); W_2 为终末平均体质量 (g); t_2 、 t_1 分别为实验终末和初始时间 (d)。

水化学指标测定: 溶解氧采用碘量法; pH 值采用上海雷磁仪器厂生产的 pHS-25 型 pH 计; 盐度采用重量法; 总碱度采用盐酸滴定法; 硬度采用 EDTA 滴定法^[18]。

血糖测定: 采用葡萄糖氧化酶法^[19], 测试仪器为美国贝克曼公司生产的生化分析仪 (CX-5)。

谷丙转氨酶 (GPT) 活性测定: 取肝脏 0.2 g, 按质量和体积比 1:99 ($m:V$) 的比例加入 0.86% 的生理盐水 19.8 mL, 研磨, 3 500 r/min 离心 10 min, 取上清, 待测。肝脏上清液和血清的 GPT 活力测定参照南京建成生物公司的检测试剂盒操作说明进行。以 IU/mg (pro) 表示酶的活性单位。蛋白含量的测定采用考马斯亮兰法^[20], 以小牛血清蛋白作为标准。

组织切片制作: 采集对照与实验各组鱼的鳃、肝、肾鲜样, 用 Bouin's 液固定, 4 °C 条件下保存备用。取 Bouin's 液固定的鳃、肝、肾组织样品, 经梯度酒精脱水, 水杨酸甲酯透明, 常规石蜡切片, 切片厚度为 5 μm , HE 染色。使用 Nikon TE2000-U 倒置显微镜观察和拍照。

1.4 数据处理与分析

采用 SPSS 11.5 统计软件对实验数据进行单因素方差分析 (One-way ANOVA), 检验盐度对测定指标影响的显著性, 用最小极差法 (LSD) 中的 Duncan

氏新复极差法进行多重比较, $P < 0.05$ 视为具有统计学意义。

2 结果与分析

2.1 不同盐度对卡拉白鱼成活率和生长的影响

由表 1 可见, 溶解氧、碱度、pH 值和硬度各组间基本相近, 仅盐度不同。卡拉白鱼在盐度低于 11.32 的各实验组, 30 d 成活率为 100%; 在盐度 13.62 时, 24 h 全部死亡; 在盐度 15.55 时, 12 h 死亡率达 100%。由表 2 可知, 盐度为 2.12 和 3.95 的实验组鱼日均增重量和特定生长率与对照组无明显差异 ($P > 0.05$); 盐度为 5.90 和 7.64 实验组鱼的日均增重量和特定生长率均显著低于对照组 ($P < 0.05$), 鱼的生长受到抑制; 盐度为 9.38 和 11.32 实验组鱼的日均增重量和特定生长率均出现负值。

2.2 不同盐度对卡拉白鱼血糖和GPT活性的影响

由表 3 可见, 血糖浓度随盐度的升高呈下降趋势, 盐度为 2.12 实验组鱼的血糖下降不明显 ($P > 0.05$), 盐度为 3.95、5.90 和 7.64 实验组的血糖均显著低于对照组 ($P < 0.05$); 血清、肝脏 GPT 活性均随盐度的增加而升高, 但血清 GPT 活性各实验组与对照组均无明显差异 ($P > 0.05$), 而肝脏 GPT 活性在盐度为 5.90 和 7.64 的实验组明显高于对照组 ($P < 0.05$), 盐度为 2.12 和 3.95 的实验组与对照组无显著差异 ($P > 0.05$)。

2.3 不同盐度对卡拉白鱼组织的影响

2.3.1 不同盐度下鳃丝结构的变化 对照组鳃丝均向两侧伸出半圆形扁平囊状鳃小片, 鳃小片平行排列与鳃丝纵轴垂直, 鳃小片上皮细胞结构完整, 无损伤 (图版 I-1)。盐度为 5.90 和 7.64 组与对照组相比鳃小片上皮细胞发生增生、肥大 (图版 I-2)。盐度为 9.38 和 11.32 组鳃小片上皮细胞增厚程度加重, 部分鳃小片上皮明显隆起, 上皮细胞脱落、坏死 (图版 I-3、4)。

2.3.2 不同盐度下肝结构的变化 对照组肝细胞质均匀, 细胞核成规则圆形, 位于细胞核中央, 肝细胞索相互交错 (图版 I-5)。与对照组相比, 盐度为 5.90 和 7.64 组鱼的部分肝细胞发生肿大、变形, 出现极少量空泡 (图版 I-6)。盐度为 9.38 和 11.32 组鱼的肝细胞除发生肿大外, 还出现细胞形状不规则、细胞核萎缩变形及偏离细胞中心、胞质中空泡化加重现象, 部分肝细胞核溶解以致肝组织局部坏死 (图版 I-7、8)。由此可见, 盐度为 5.90 时已影响到鱼肝的功能, 且随盐度的升高, 受试鱼肝组织损伤加重。

表1 不同盐度水体的主要化学指标及其对卡拉白鱼存活数的影响

Tab.1 Chemical indices in water and effect of different salinities on survival number of *Chalcalburnus chalcooides aralensis*
 $n=16; \bar{X} \pm SD$

NaCl 质量浓度 ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$) ρ_{NaCl}	pH	溶解氧 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) Do	盐度 * Salinity	碱度 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) ALK	硬度 ($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) HD	放鱼尾数 No. of samples	实验鱼存活数 No of survival			
							12 h	24 h	15 d	30 d
0	7.92±0.02	9.52±0.13	0.24±0.03	3.28±0.05	3.17±0.03	16	16	16	16	16
2	7.88±0.06	9.40±0.20	2.12±0.02	3.14±0.05	3.47±0.04	16	16	16	16	16
4	7.78±0.03	7.80±0.18	3.95±0.03	3.09±0.06	3.93±0.04	16	16	16	16	16
6	7.80±0.09	7.08±0.12	5.90±0.03	3.15±0.05	3.70±0.03	16	16	16	16	16
8	7.83±0.02	10.29±0.15	7.64±0.05	3.13±0.07	3.83±0.04	16	16	16	16	16
10	7.95±0.04	8.01±0.21	9.38±0.04	3.63±0.04	3.51±0.03	16	16	16	16	16
12	7.92±0.05	7.90±0.14	11.32±0.03	3.68±0.09	3.59±0.06	16	16	16	16	16
14	8.07±0.03	8.54±0.21	13.62±0.03	2.02±0.08	3.97±0.06	16	16	0	0	0
16	8.07±0.02	8.39±0.16	15.55±0.02	3.60±0.07	3.38±0.05	16	0	0	0	0

注:表中水化学指标为实验开始和结束时(30 d)测定均值;*为实际测定的盐度值。

Note: Chemical data in table 1 are means of values at the beginning and the end of experiment; * donates mensurated salinity value.

表2 不同盐度对卡拉白鱼日均增重量和特定生长率的影响

Tab.2 Daily body weight gain and specific growth rate of *Chalcalburnus chalcooides aralensis* at different salinities $n=16; \bar{X} \pm SD$

盐度 Salinity	初始体质量/g W_1	终末体质量/g W_2	日均增重/($\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$) ΔW	特定生长率 SGR
0.24	35.60±5.54	49.34±7.13	0.43±0.1108	1.09±0.1231
2.12	36.76±6.97	48.87±7.74	0.32±0.0725	0.95±0.0998
3.95	36.31±6.56	47.11±8.44	0.37±0.0948	0.87±0.0568
5.90	37.61±4.46	41.79±5.37	0.14±0.0595*	0.35±0.0584*
7.64	42.11±7.83	44.37±7.50	0.08±0.0956*	0.17±0.0658*
9.38	38.23±5.48	35.25±6.66	-0.09±0.0650*	-0.27±0.0436*
11.32	37.66±6.23	33.22±5.26	-0.15±0.0863*	-0.42±0.0598*

注:*表示与对照组(盐度0.24组)相比有显著差异($P<0.05$)。Note: Values with an asterisk are significantly different from control (salinity of 0.24) ($P<0.05$).

表3 不同盐度对卡拉白鱼血糖和谷丙转氨酶活性的影响

Tab.3 Effect of different salinities on serum glucose, activity of glutamic pyruvic transaminase (GPT)

in *Chalcalburnus chalcooides aralensis* $n=8; \bar{X} \pm SD$

盐度 Salinity	血糖浓度/($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) Serum glucose concentration	血清谷丙转氨酶活性/($\text{IU} \cdot \text{mg}^{-1} \text{prot}$) Activity of serum GPT	肝脏谷丙转氨酶活性/($\text{IU} \cdot \text{mg}^{-1} \text{prot}$) Activity of liver GPT
0.24	23.30±3.98	11.10±3.543	16.15±3.983
2.12	18.83±3.82	11.31±8.858	25.41±4.349
3.95	12.67±2.86*	11.86±7.616	27.23±10.329
5.90	13.08±7.02*	15.79±5.021	30.18±14.298*
7.64	10.76±5.70*	16.17±7.857	54.55±7.168*

注:*表示与对照组(盐度0.24组)相比有显著差异($P<0.05$)。Note: Values with an asterisk are significantly different from control (salinity of 0.24) ($P<0.05$).

2.3.3 不同盐度下肾脏结构的变化 对照组鱼的肾小球较大,其囊腔腔隙很小,各级肾小管结构正常(图版II 1)。与对照组相比,盐度为5.90和7.64组鱼肾小囊的毛细血管减少、退化,肾小囊体积比对照组缩小,肾小球囊腔腔隙增大,各级肾小管出现不同程度的萎缩,管腔缩小(图版II 2)。盐度为9.38和11.32组鱼肾小囊的毛细血管严重萎缩、退化,肾小球囊腔腔隙继续加大,各级肾小管因部分上皮细胞坏死、崩解脱落于管腔中,使管腔阻塞。肾充血,肾组织已严重受损(图版II -3、4)。

3 讨论

一般认为,盐度5~8是适宜海水鱼类和淡水鱼类生存的分界盐度。对威海卡拉白鱼30 d盐度暴露实验发现,在盐度低于11.32的水中,30 d成活率为100%;在盐度13.62时,24 h全部死亡;在盐度15.55时,12 h死亡率达100%。这一结果说明卡拉白鱼对盐度的耐受性高于淡水白鲮(*Colossoma brachypomum*)^[21](盐度12时,96 h全部死亡)、鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)和鳙(*Aristichthys nobilis*)^[22](鲢、鳙24 h LC₅₀盐度值分别为9.55~7.90、10.80~8.30)。另外,这一结果与蔺玉华等^[16]对卡拉白鱼幼鱼的盐度耐受性研究结果基本相同。由此可见,卡拉白鱼为广盐性鱼类。

本实验中各实验组鱼的血糖浓度随着盐度的增加而下降,并且在盐度3.95、5.90和7.64组明显下降($P<0.05$),作者认为这与实验组鱼的摄食量随盐度的升高而下降有关。已有研究证明,饥饿会导致血糖含量的下降,这是由于实验组鱼的摄食量减少,从食物中得到的碳水化合物也相应下降而导致的结果。但是长时间饥饿或不能进食时,外源性糖源断绝,而内源性的肝糖原贮备有限,一段时间内即被耗尽,此时主要靠糖异生来维持血糖浓度,随着时间的延长,出现机体分解代谢大于合成代谢的现象,最终导致血糖下降^[23-24]。

GPT是广泛存在于动物线粒体中的重要氨基酸转氨酶,在机体蛋白质代谢中起重要作用。本实验中血清GPT活性在各实验组与对照组之间无显著差异($P>0.05$),可能与实验组鱼血清中GPT含量很低有关,因为脊椎动物组织细胞内的转氨酶在正常情况下只有少量被释放到血液中^[25]。而肝脏GPT活性随盐度增加而升高,且盐度为5.90和7.64活性均显著高于对照组($P<0.05$),这与De la Torre等^[26]、

Ramaswamy等^[27]研究有毒物质对鱼类组织GPT影响的情况基本一致。作者认为,组织转氨酶的升高是鱼用于补偿环境胁迫的结果,也是一种正常的生理反应。因为鱼体受到环境刺激后会发生非特异性防御反应,引起一系列代谢变化,动员机体的代偿适应功能来抵抗和适应各种应激刺激,产生应激适应;若应激反应超过一定强度且机体不能适应时,则会对机体组织结构造成伤害,导致应激损伤。由此说明5.90以上的盐度已对鱼体产生了一定的毒性作用,并造成机体损伤。

已有研究表明,广盐性鱼类在由低渗的淡水转入高渗的海水过程中,其鳃、肝、肾等组织的结构和生理机能都将发生明显的适应性改变,由适应低渗环境转变为适应高渗环境^[28-29]。在本实验中,低盐度(2.12和3.95)组与对照组相比未发现鱼的组织学病理变化,且此盐度水体中卡拉白鱼生长良好。而中盐度(5.90和7.64)组鱼的鳃小片发生了肥大、增厚,这是因为随着盐度的增加,实验鱼为了维持体内外的渗透压平衡,必须通过大量饮水,而后将带进体内的Na⁺、Cl⁻和其他离子排出体外,此过程中Na⁺和Cl⁻是通过鳃的氯细胞和辅助细胞进行排泄的,结果是氯细胞的结构损伤和数量增多,导致鳃小片发生肥大、增厚^[30-31]。肝细胞肿大、变形是可逆性病变。肝细胞内出现少量空泡,可能是肝细胞内物质合成速度与向循环系统释放速度失衡所导致的细胞空泡化^[32];或者是肝糖原在肝细胞中的积累,也会造成用组织学方法观察到的空泡^[33]。发生肾小囊毛细血管退化、肾小囊体积的缩小以及肾小管萎缩现象的原因,可能是在较高盐度下,鱼类的体液对周围水环境是低渗性的,不需要肾脏将多余的水分排出体外,肾机能负担减少,因此出现萎缩现象^[30-31]。王先敏^[34]、林华英等^[6]在研究外界盐度对鲈(*Trachidermus fasciatus* Heckel)肾脏组织结构的影响时也发现此可逆性变化。在高盐度(9.38和11.32)组鱼鳃、肝、肾组织出现了明显的病变症状,这是因为高盐度水体的渗透压值已超出了卡拉白鱼所能耐受的渗透压值,机体出现了不可逆的病理症状,最终导致鱼体死亡^[35-36]。

综上所述,卡拉白鱼在低盐度(2.12和3.95)组水体饲养30 d,生长良好,其生化指标正常,鳃、肝、肾组织未发生病理变化;中盐度(5.90和7.64)组鱼的血糖浓度出现显著下降($P<0.05$),肝脏GPT活性明显升高($P<0.05$),鱼的组织发生可逆性病

变,实验鱼的日均增重量和特定生长率明显低于对照鱼 ($P<0.05$);高盐度 (9.38 和 11.32) 组鱼组织严重损伤,实验鱼的生长出现负增长率。因此,卡拉白鱼生长的适宜盐度范围应不得超过 5.90。

参考文献:

- [1] 尼科里斯基 L B. 分门鱼类学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1958: 177-178.
- [2] 卡尔彼维奇 A Ф. 水生生物移植驯化理论与实践 [M]. 杜佳垠, 译. 北京: 科学出版社, 1986: 240-382.
- [3] Abdullaev M A, Urchinov D U. Commercial fish in waterbodies of the lower Zarafshan [M]. Tashkent: FAN, 1989.
- [4] Abdullaev M A, Urchinov D U. Economically important fish in water bodies of the lower Zarafshan River [M]. Tashkent: FAN, 1989.
- [5] 姚国成. 池塘科学养鱼高产技术 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1997.
- [6] 林华英, 姜明. 不同生境中鲈鱼肾脏显微和亚微结构变化的初步研究 [J]. 山东海洋学院学报, 1985, 15(4): 64-70.
- [7] 姜明, 汝少国, 刘晓云, 等. 不同盐度下蓝非鲫鳃泌氯细胞的结构变化 [J]. 青岛海洋大学学报, 1998, 28(4): 603-608.
- [8] 范瑞青, 姜明, 汝少国, 等. 不同渗透压下美国红鱼外周血细胞超微结构的变化 [J]. 海洋科学, 2000, 24(11): 50-52.
- [9] Marshall W S, Emberley T R, Singer T D, et al. Time course of salinity adaptation in a strongly euryhaline estuarine teleost, *fundulus heteroclitus*: A multivariable approach [J]. J Exp Biol, 1999, 202(11): 1 535-1 544.
- [10] Van der Heijden A J H, Verboost P M, Eygensteyn J, et al. Mitochondria-rich cells in gills of tilapia (*Oreochromis mossambicus*) adapted to fresh water or sea water: quantification by confocal laser scanning microscopy [J]. J Exp Biol, 1997, 200(1): 55-64.
- [11] Eva D, Stephan K. Nitrogenous waste excretion and accumulation of urea and ammonia in *Chalcalburnus tarichi* (Cyprinidae), endemic to be extremely alkaline Lake Van (Easter Turkey) [J]. Fish Physiol Biochem, 1992, 9(5): 377-387.
- [12] Danalat E, Selcuk B. Life history and environmental conditions of the anadromous *Chalcalburnus tarichi* (Cyprinidae) in the highly alkaline Lake Van [J]. Estern Anatolia Turkey ArchHydrobiol, 1992, 126(1): 105-125.
- [13] 蔺玉华, 耿龙武, 吴文化, 等. 池塘驯养咸海卡拉白鱼某些生物学特性研究 [J]. 天津师范大学学报, 2004, 24(4): 30-33.
- [14] 蔺玉华, 耿龙武, 吴文化, 等. 咸海卡拉白鱼胚胎和仔鱼早期发育 [J]. 中国水产科学, 2004, 11(3): 208-213.
- [15] 耿龙武, 蔺玉华. 咸海卡拉白鱼染色体核型研究 [J]. 天津师范大学学报, 2005, 25(1): 28-30.
- [16] 蔺玉华, 耿龙武, 卢金星. 咸海卡拉白鱼对盐碱耐受性研究 [J]. 吉林农业大学学报, 2004, 26(5): 561-565.
- [17] 王信海, 蔺玉华, 姜秋俚, 等. NaCl 对咸海卡拉白鱼血清离子、皮质醇和组织 Na^+ , K^+ -ATP 酶活性的影响 [J]. 吉林农业大学学报, 2007, 29(5): 576-580.
- [18] 陈佳荣. 水化学实验指导 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 93-125.
- [19] 楼淑芬, 魏兵. 血浆葡萄糖测定—改良葡萄糖氧化酶法的探讨 [J]. 第三军医大学学报, 1987, 6(3): 69-70.
- [20] Bradford M M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding [J]. Anal Biochem, 1976, 72: 248-254.
- [21] 章征忠, 张兆琪, 董双林. 淡水白鲢幼鱼盐碱耐受性初步研究 [J]. 青岛海洋大学学报, 1998, 28(3): 393-398.
- [22] 臧维玲, 王武, 叶林, 等. 盐度对淡水鱼类的毒性效应 [J]. 海洋与湖沼, 1989, 20(5): 45-52.
- [23] 尾崎久雄. 鱼类血液与循环生理 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1982: 151-154.
- [24] Gillis T E, Ballantyne J S. The effects of starvation on plasma free amino acid and glucose concentrations in lake sturgeon [J]. J Fish Biol, 1996, 49(6): 1 306-1 316.
- [25] 卢敬让, 赖伟, 堵南山. 辐对中华绒螯蟹肝 R-细胞亚显微结构及血清谷丙转氨酶活性的影响 [J]. 青岛海洋大学学报, 1989, 19(2): 61-67.
- [26] De la Torre F R, Salibian A, Ferrari L. Biomarkers assessment in juvenile *Cyprinus carpio* exposed to waterborne cadmium [J]. Environ Poll, 2000, 109: 277-282.
- [27] Ramaswamy M, Thangavel P, Selvam N P. Glutamic oxaloacetic transaminase (GOT) and glutamic pyruvic transaminase (GPT) enzyme activities in different tissues of *Sarotherodon mossambicus* (Peters) exposed to a carbamate pesticide, carbaryl [J]. Pestic Sci, 1999, 55: 1 217-1 221.
- [28] Uchida K, Kaneko T, Yamauchi K, et al. Morphometrical analysis of chloride cell activity in the gill filaments and lamellae and changes in Na^+ , K^+ -ATPase activity during seawater adaptation in chum salmon fry [J]. J Exp Zool, 1996, 276: 193-200.
- [29] Hirai N, Tagawa M, Kaneko T, et al. Distributional changes in branchial chloride cells during freshwater adaptation in

- Japanese sea bass *Lateolabrax japonicus* [J]. Zool Sci, 1999, 16: 43-49.
- [30] Camargo M M P, Martinez C B R. Histopathology of gills, kidney and liver of a Neotropical fish caged in an urban stream [J]. Neotrop Ichthyol, 2007, 5 (3): 327-336.
- [31] Shen A C Y, Leatherland J F. Histogenesis of the pituitary in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) in different ambient salinities particular reference to the rostral pars distalis [J]. Cell Tiss Res, 1978, 189: 355-363.
- [32] Gingerich W H. Hepatic toxicology of fishes [M]//Weber L J. Aquatic Toxicity. New York: Raven Press, 1982: 55-105.
- [33] Wester P W, Canton J H. Histopathological study of *Oryzias latipes* (Medaka) after long-term β -hexachlorocyclohexane exposure [J]. Aquat Toxicol, 1986, 9(1): 21-45.
- [34] 王先敏. 外界环境盐度对松江鲈鱼肾脏组织结构的影响 [J]. 海洋学报, 1988, 10(3): 334-337.
- [35] Lowe C D, Kemp S J, Diaz-Avalos C, et al. How does salinity tolerance influence the distributions of *Brachionus plicatilis* sibling species [J]. Mar Biol, 2007, 150: 377-386.
- [36] Kiiltz D, Onken H. Long-term acclimation of the teleost *Oreochromis mossambicus* to various salinities: two different strategies in mastering hypertonic stress [J]. Mar Biol, 1993, 117: 527-533.

Effects of salinity on growth and histological characteristics of *Chalcalburnus chalcoides aralensis*

WANG Xin-hai^{1,2}, LIN Yu-hua¹, JIANG Qiu-li^{1,3}, JIANG Ai-lan⁴, ZHOU Bo-wen³

(1. Heilongjiang River Fisheries Research Institute, China Academy of Fishery Sciences, Harbin 150070, China; 2. College of Aquaculture Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 200090, China; 3. College of Life Science and Technology, Dalian Fisheries University, Dalian 116023, China; 4. College of Life Science, Huazhong Normal University, Wuhan 430079, China)

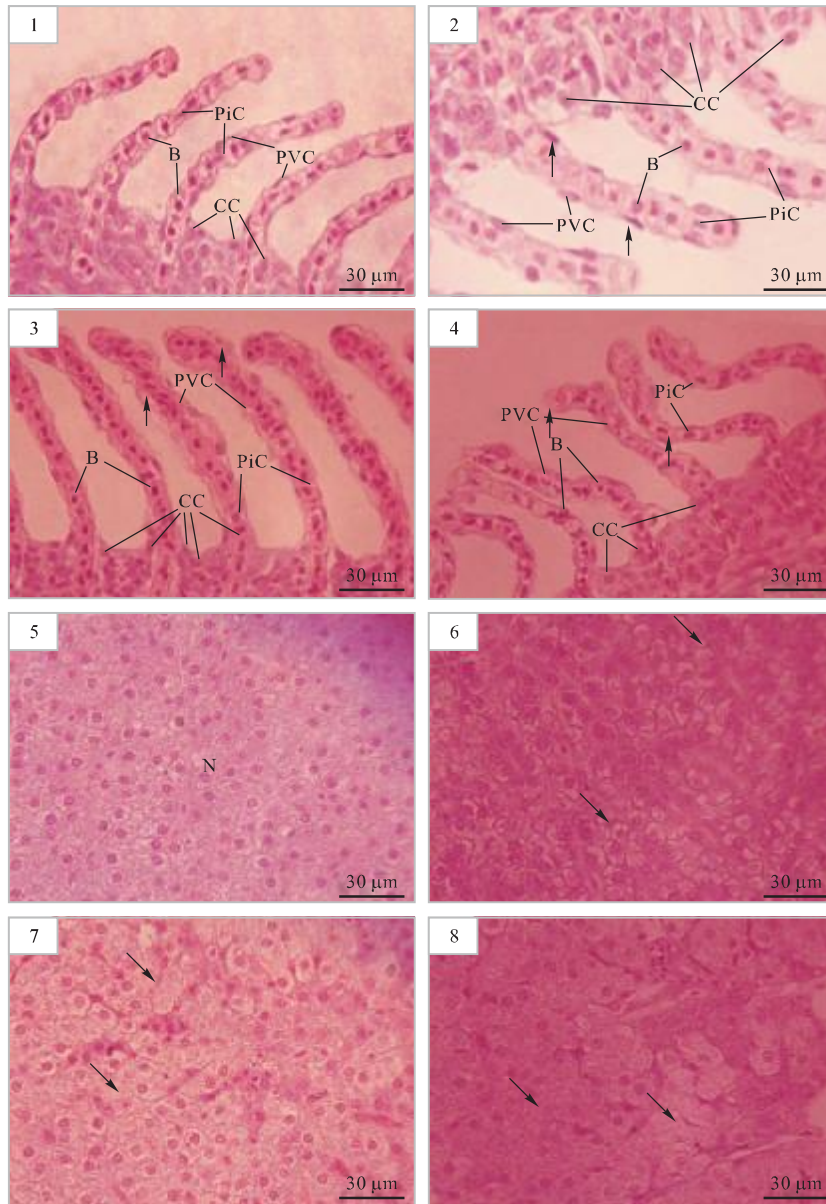
Abstract: *Chalcalburnus chalcoides aralensis* were exposed to various salinity of 0.24, 2.12, 3.95, 5.90, 7.64, 9.38, 11.32, 13.62 and 15.55 for 30 days. Group under 0.24 salinity was the control. Survival rate was 100% at salinity of 11.32 over the experiment period, while all fish were dead at salinity of 13.62 in 24 h and at salinity of 15.55 in 12 h. Daily average body weight gain and specific growth rates of salinity 2.12 and 3.95 groups were not significantly different from those of control group ($P>0.05$). Daily average body weight gain and specific growth rates of groups of salinity 5.90 and 7.64 were significantly lower than those of control group ($P<0.05$). Serum glucose concentration of fish exposed to salinity of 3.95, 5.90 and 7.64 was apparently lower than that of control group ($P<0.05$). Glutamic pyruvic transaminase (GPT) activity of liver was significantly higher in groups of fish exposed to salinity 5.90 and 7.64 than that of control group ($P<0.05$). Histological observation indicated that no pathological changes in groups of low salinity (2.12 and 3.95) were observed. But as for groups of middle salinity (5.90 and 7.64), gills presented epithelial hypertrophy and edema. Some liver cells presented hypertrophy and transfigurative. Renal capsules shranked and lacunas of renal corpuscle enlarged and renal tubules atrophied. In high salinity group (9.38 and 11.32), gills thickened and presented more aggravate epithelial hypertrophy and edema. Some filament epithelium were lifted, and epithelial cells presented necrotic and defluvium; some nuclei atrophied and were deformed or in a lateral position close to cell membrane. Hepatocytes were highly vacuolated, and focal necrosis occurred after cytolysis and karyolysis. The renal capsules shranked aggravately, lacunas of renal corpuscle further enlarged and renal tubules also shranked; some renal tubules were blocked by cells with defluvium and nephredema. The results indicate that the optimum salinity for *Chalcalburnus chalcoides aralensis* is below 5.90. [Journal of Fishery Sciences of China, 2008, 15 (5): 808-815]

Key words: salinity; NaCl; *Chalcalburnus chalcoides aralensis*; growth; GPT; serum glucose; histological characteristics

Corresponding author: LIN Yu-hua. Tel: 0451 84862298; E-mail: Linyuhua50@sohu.com

王信海等：盐度对威海卡拉白鱼生长及组织学特征的影响

WANG Xin-hai et al: Effects of salinity on growth and histological characteristics of *Chalcalburnus chalcoides aralensis*



图版 I 暴露于不同盐度 30 d 后威海卡拉白鱼鳃、肝组织结构变化

1. 对照组鳃; 2. 盐度为 5.90 组鳃, “↑”示上皮细胞增厚; 3, 4. 盐度分别为 9.38、11.32 组鳃, “↑”示鳃小片上皮明显隆起, 上皮细胞坏死、脱落; 5. 对照组肝; 6. 盐度为 5.90 组肝, “↘”示肝细胞发生肿大、变形; 7. 盐度为 9.38 组肝, “↘”示肝细胞胞质空泡, 细胞核发生萎缩变形及偏离细胞中心; 8. 盐度为 11.32 组肝, “↘”示肝细胞胞质空泡加重, 细胞核发生严重萎缩、溶解。

B: 血管和血细胞; CC: 氯细胞; N: 细胞核; PiC: 柱细胞; PVC: 扁平细胞。

Plate 1 Structure changes of gill and liver of *Chalcalburnus chalcoides aralensis* after exposure to different salinities for 30 days

1. Gill of control group; 2. gill of salinity 5.90; “↑” showing epithelial cell thickening; 3, 4. gill of salinity 9.38, 11.32, respectively, “↑” showing epithelial great intumescence, epithelial cell necrosis and defluvium; 5. liver of control group; 6. liver of salinity 5.90; “↘” showing liver cell edema and disfiguration; 7. liver of salinity 9.38, “↘” showing liver cell vacuole, karyon atrophy and departing from the center of cell; 8. liver of salinity 11.32, “↘” showing liver cell great vacuole, karyon great atrophy and dissolve.

B: blood channel and blood cell; CC: chloride cell; N: nucleus; PiC: pillar cell; PVC: pavement cells.

