

陈生熬,姚娜,王帅,等. 盐度对叶尔羌高原鳅受精卵孵化和仔鱼存活率的影响[J]. 江苏农业科学,2016,44(8):303-305.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.08.088

盐度对叶尔羌高原鳅受精卵孵化和仔鱼存活率的影响

陈生熬¹,姚娜¹,王帅¹,宋勇¹,谢从新²,任道全¹,范镇明³

(1. 塔里木大学动物科学学院,新疆阿拉尔 843300;2. 华中农业大学水产学院,湖北武汉 430070;

3. 新疆生产建设兵团水产技术推广总站,新疆乌鲁木齐 830002)

摘要:采用急性毒理学试验方法,探讨 6 个盐度 0%、0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、1.0% 对叶尔羌高原鳅受精卵孵化率、仔鱼成活率等的影响。结果显示,在不同盐度梯度下,叶尔羌高原鳅受精卵的孵化时间、孵化率、畸形率均表现出显著差异($P < 0.05$)。不同盐度下的孵化时间差异不显著,而在 0.2% ~ 0.6% 之间孵化率较高,3 个梯度差异不显著($P > 0.05$)。畸形率在 0.4%、0.6% 盐度下较低,在 0.4% 盐度下最低,低至 2.67%。叶尔羌高原鳅仔鱼不投喂存活系数(SAI)的测定分析表明,仔鱼在 48 h 内死亡数量较大,但盐度对其影响极大,适宜盐度为 0.2% ~ 0.8%,最适盐度则为 0.4%,SAI 值较高,且差异不显著($P > 0.05$)。盐度与 SAI 相关性较高,关系式为 $Y = -1.1468X^2 + 11.231X + 5.2364$ ($r^2 = 0.9598$)。在 0.2% ~ 0.6% 盐度梯度之间,SAI 与孵化率存在直线相关,关系式为 $Y = 0.0075X + 0.7035$ ($r^2 = 0.9371$);SAI 与畸形率的关系式为 $Y = -0.0053X^2 + 0.3027X - 3.3947$ ($r^2 = 1$)。研究表明,在叶尔羌高原鳅资源早期发育过程中,盐度胁迫至关重要,对其盐度的选择将直接影响其生长和发育。

关键词:叶尔羌高原鳅;盐度;受精卵;仔鱼;存活数量

中图分类号: S917.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)08-0303-03

叶尔羌高原鳅 [*Triplophysa (Hedinichthys) yarkandensis* (Day)] 别称狗头鱼、小大头,属于鲤形目 (Cypriniformes) 鳅科 (Cobitidae) 条鳅亚科 (Nemachilinae) 高原鳅属 (*Triplophysa*) 鼓鳔亚属 (*Hedinichthys*) 塔里木河水系土著鱼类^[1-3]。关于塔里木河水系渔业的研究多集中在渔业环境调查、外来物种、裂腹鱼类及鳅科鱼类生物学^[3-7],对于该水系高原鳅的研究仅为新种报道、形态特征、摄食与生长等,对于叶尔羌高原鳅也仅有生物学特征、生长与摄食、繁殖习性等方面的研究^[3-4,8-10]。近年来,塔里木河干流水量日益减少,盐碱加剧,环境因子对渔业资源的影响颇大,导致叶尔羌高原鳅资源锐减,其前景令人堪忧,可能成为塔里木河水系继扁吻鱼 (*Aspiorhynchus laticeps*) 和塔里木裂腹鱼 (*Schizothorax biddulphi*) 之后的第 3 种濒危鱼类^[2-3]。鉴于此,开展盐碱化对叶尔羌高原鳅生长和发育胁迫的研究已迫在眉睫。已有关于塔里木河盐碱化防治等水利方面的研究^[5-7],但关于盐碱化对塔里木河流域水生生物的影响,尤其对于叶尔羌高原鳅等土著鱼类盐碱胁迫的研究尚未见报道。

在人工繁殖成功的基础上,采用盐度胁迫和存活率研究方法,系统总结叶尔羌高原鳅受精卵和仔鱼在盐度影响下的变化情况,以期对孵化率及育苗成活率的提高、半咸水人工驯

养、增殖保护、苗种生产提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试受精卵和仔鱼由塔里木大学水产试验基地提供。叶尔羌高原鳅亲鱼经人工催产后自然产卵,受精卵在 50 L 塑料桶改装的孵化桶内流水孵化。孵化及仔鱼养殖均采用曝气 48 h 以上的自来水, pH 值为 6.5 ~ 7.5,溶解氧保持在 8.0 mg/L 以上,水温控制在 (20 ± 1) °C。仔鱼孵出后,挑选肉眼观察无畸形的正常仔鱼,用于不投饵存活系数的试验。

1.2 方法

盐度设置分别为 0% (自来水)、0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、1.0% 共 6 个梯度,采用速溶海水晶 (上海海业生物科技有限公司产品) 配置,并采用 HANNAHI931101 型盐度计校正盐度,每个组合设置 3 个平行和 1 个对照。采用 1 000 mL 烧杯作为试验容器,每个烧杯放 100 粒。采用 ACO-004 型电磁式空气泵 (功率为 0.75 ~ 1.10 kW) 进行微充气。

1.3 取样和观察

在孵化过程中严格记录 48 h 内叶尔羌高原鳅受精卵 (原肠胚后期) 的孵化时间、周期、孵化率、畸形率、存活率等。孵化时间以 50% 的个体出膜为准,畸形率以尾部弯曲、个体脊椎弯曲、卵黄囊短小等为标准^[13-17]。仔鱼活力以不投饵存活系数 (survival activity index, SAI) 作为衡量指标^[15-17]。仔鱼孵出后,挑选健康仔鱼作为试验用鱼,采用 2 000 mL 烧杯作为试验容器,每个烧杯放 50 尾,微充气,不投饵。发现死亡及时捞出,每天按时统计死亡尾数,直至全部死亡,计算平均值比较其 SAI 值。SAI 值计算公式为:

$$SAI = \sum_{i=1}^k (N - h_i) \times i / N.$$

收稿日期:2015-07-14

基金项目:国家科技基础性工作专项 (编号:2012FY112700-8);国家自然科学基金 (编号:31360635);新疆生产建设兵团基本科技计划 (编号:2013BA005);新疆生产建设兵团塔里木畜牧科技重点实验室项目 (编号:201505);塔里木大学校长基金 (编号:TDZ-KSS201219、TDZKSS201220)。

作者简介:陈生熬 (1980—),男,青海西宁人,硕士,讲师,主要从事鱼类生态学研究。E-mail:shengaochen@163.com。

通信作者:谢从新,教授。E-mail:xicongxin@mail.hzau.edu.cn。

式中: N 为起始的仔鱼数, k 为仔鱼全部死亡所需时间, d, h_i 为第*i*天时仔鱼的累计死亡数,尾。

1.4 数据处理

采用 SPSS 16.0 软件进行数据处理,采用多重比较法进行组间差异显著性检验,以 $P < 0.05$ 为差异显著。结果以“平均值 \pm 标准差”($\bar{x} \pm s$)表示。

2 结果与分析

2.1 不同盐度下叶尔羌高原鳅受精卵的孵化情况

叶尔羌高原鳅受精卵在不同盐度梯度下孵化情况见表 1。采用原肠胚后期受精卵发育,已完全经过 20 h 以上,从此时开始计时。从 3 批受精卵的孵化时间可知,孵化时间在不同盐度下没有显著差异($P > 0.05$),基本一致,但盐度升高则缩减了孵化时间。孵化率随着盐度梯度的升高先升高,从 0.6% 开始直线下降,孵化率的变化幅度随盐度的变化差异显著($P < 0.05$)。畸形率总体变化幅度不大,但表现特征与孵化率相反,差异极显著($P < 0.01$)。叶尔羌高原鳅受精卵 12 h 的存活率在 0% ~ 0.6% 梯度之间,表现为差异不显著,尤其在 0% 与 0.6%、0.2% 与 0.4% 差异不显著($P > 0.05$)。在 24 h 时,0.2% 与 0.4%、0.6% 与 0.8% 差异不显著,但二者间差异显著($P < 0.05$);盐度为 1.0% 时,同批次比较差异

极显著,存活率严重下降,期间下降明显的盐度梯度为 0.2%、1.0%。在 48 h 时表现尤为凸出,盐度为 0%、1% 则存活率直线下降,达到最低点 1.67%,仔鱼基本无法存活;盐度为 0.2% ~ 0.6% 时虽然下降,但趋势不明显,差异不显著($P > 0.05$);盐度为 0.8% 时持续下降至 60.17%,但总体仍保持一定的存活率。本试验中,盐度 0.2% 和 0.6% 可作为叶尔羌高原鳅孵化和仔鱼培育中的盐度关键点或临界点,超出范围孵化率和存活率均会受到影响,出现下降趋势;虽然盐度为 1.0% 时孵化率下降至一半,但此盐度严重影响后期存活率,应舍弃此梯度。盐度的大小不仅影响孵化时间、孵化率、畸形率,对于不同时间段受精卵的存活率也起到关键作用,直接影响叶尔羌高原鳅的生长和发育。

2.2 不同盐度下叶尔羌高原鳅的仔鱼存活系数

仔鱼存活系数指不投饵存活系数,本试验中依据仔鱼存活率和个数对其 SAI 进行测定。由表 2 可知,盐度为 0.4%、0.6% 时 SAI 较高,且表现为差异不显著($P > 0.05$);盐度为 0.2%、0.8% 时表现为差异不显著($P > 0.05$);两组相比差异显著($P < 0.05$);盐度为 0%、1% 时两组相比差异显著,与其他盐度组相比差异极显著($P < 0.01$)。由表 2 还可知,盐度为 0.4%、0.6% 时仔鱼存活时间最长,可达 10 d;在其他盐度梯度下,最短存活时间为 2 d,这与上述 48 h 存活的研究结果相一致。

表 1 48 h 不同盐度下叶尔羌高原鳅受精卵的孵化情况 ($n = 100$)

盐度 (%)	孵化时间 (h)	孵化率 (%)	畸形率 (%)	12 h 存活率 (%)	24 h 存活率 (%)	48 h 存活率 (%)
0	44.17 \pm 0.654a	74.33 \pm 4.341a	1.17 \pm 0.477a	90.83 \pm 1.493a	71.33 \pm 0.615a	1.67 \pm 0.667a
0.2	44.50 \pm 0.428a	90.33 \pm 0.843b	11.17 \pm 0.477b	95.83 \pm 0.546b	95.17 \pm 0.401b	84.33 \pm 0.333b
0.4	45.17 \pm 0.703a	94.67 \pm 0.955b	2.67 \pm 0.667c	93.50 \pm 1.455b	94.83 \pm 0.477b	80.67 \pm 0.333b
0.6	43.67 \pm 0.843a	92.67 \pm 0.955b	7.50 \pm 0.885d	91.67 \pm 0.422a	84.50 \pm 0.957c	77.17 \pm 1.579b
0.8	43.67 \pm 0.422a	74.67 \pm 0.211c	15.67 \pm 1.282e	83.33 \pm 0.803c	82.50 \pm 0.342c	60.17 \pm 0.307c
1.0	42.50 \pm 0.619a	50.17 \pm 1.302d	23.83 \pm 0.946f	59.00 \pm 2.805d	35.67 \pm 2.108d	9.33 \pm 0.494d

注:表中数据为“平均值 \pm 标准误”;同列数据后不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。下表同。

表 2 不同盐度下叶尔羌高原鳅的仔鱼存活系数 (SAI) ($n = 50$)

盐度 (%)	存活系数			
	组 1	组 2	组 3	平均值 \pm 标准差
0	7.52	3.98	7.64	6.38 \pm 2.08a
0.2	17.24	23.48	17.32	19.35 \pm 3.58b
0.4	24.16	31.92	50.52	35.53 \pm 13.55c
0.6	31.60	31.50	30.86	31.32 \pm 0.40c
0.8	17.28	25.26	17.14	19.89 \pm 4.65b
1.0	1.74	4.54	4.44	3.57 \pm 1.59d

由叶尔羌高原鳅仔鱼盐度和 SAI 关系式可知,SAI 值随着盐度的升高呈抛物线趋势,先上升后下降,回落差异显著。盐度中单一 0.4% 梯度显示,标准差幅度较大,其他虽然不及 0.4% 梯度,但盐度总值影响其存活。由表 1、表 2 还可知,盐度升高会影响其存活时间,盐度为 0.4% ~ 0.6% 时存活系数较高,且半致死时间延长至 4 ~ 5 d,表明此梯度对叶尔羌高原鳅仔鱼存活起到关键作用。

由表 1 的孵化率、畸形率指标结合表 2 可知,在 0.2% ~ 0.6% 的盐度梯度之间,其指标表现为最高和最低,这与本节阐述仔鱼存活盐度在 0.4% ~ 0.6% 之间相一致。可见,在盐度梯度试验中,盐度梯度 0.4% 是叶尔羌高原鳅早期发育中的临界关键点。在叶尔羌高原鳅的仔鱼存活系数中,盐度与

SAI 的相关性表现为二项式的关系式,相关性较高。在 0.2% ~ 0.6% 盐度梯度之间,SAI 与孵化率之间存在直线相关,关系式为 $Y = 0.0075X + 0.7035 (r^2 = 0.9371)$;SAI 与畸形率则表现为二项式的关系式,即 $Y = -0.0053X^2 + 0.3027X - 3.3947 (r^2 = 1.0000)$ 。

3 结论与讨论

3.1 盐度对叶尔羌高原鳅受精卵孵化的影响

对于鱼类的繁衍生息,繁殖成败取决于其栖息中形成的繁殖策略,这也是决定子代成活的关键,与鱼类的繁殖时间、繁殖地点、孕育子代机体能量资源分配密切相关。繁殖行为必须在有效的水体中进行,水体中盐碱等离子过高或过低均会影响其生殖^[11-14]。

在盐度胁迫试验中,盐度过高或过低均会影响诸多鱼类受精卵的孵化和成活,海水鱼类对盐度的适应性较高。已有研究表明,豹纹鳃棘鲈 (*Plectropomus leopardus*) 受精卵孵化的适宜盐度范围为 2.2% ~ 4.2%,最适盐度范围为 1.6% ~ 3.4%^[15]。赵明等研究七带石斑鱼 (*Epinephelus septemfasciatus*) 受精卵的孵化周期、孵化率、畸形率以及卵黄囊仔鱼的畸形率表明,受精卵孵化的最适盐度范围为 3.0% ~ 3.5%,盐度高于 3.5% 时孵化率随着盐度的升高而降低,仔鱼畸形率

随之升高;盐度低于2.5%时孵化率随盐度降低而降低^[16]。淡水鱼类胚胎发育的适宜盐度通常较低,且它们之间存在差异^[17]。郭永军等研究表明,在盐度为0.1%~1.2%的条件下,鲤鱼(*Cyprinus carpio*)胚胎孵化率与盐度呈负相关关系,鲤鱼胚胎及前期仔鱼发育的最佳孵化盐度为0.1%左右^[18-19]。王杰等研究发现,乌鳢(*Ophiocephalus argus* Cantor)的最佳孵化盐度为0.150%~0.712%^[17]。王茂元等研究表明,新吉富罗非鱼(NEW GIFT Nile Tilapia *Oreochromis niloticus*)受精卵在盐度为0.6%~1.5%时孵化率较高,达到8.90%~9.27%,比较接近于本试验中的9.467%;盐度低于0.3%、高于1.8%时孵化率较低^[20]。对于咸淡水鱼类而言,赵俊等报道尖鳍鲤(*Cyprinus acutidorsalis* Wang)在盐度0%~1.25%下发育正常,超过此范围则发育不完全;最佳受精卵孵化梯度为0.5%,范围在0.25%~0.75%之间^[21]。海水鱼类的盐度远大于塔里木河叶尔羌高原鳅的生存极限,这与本试验结果相一致。叶尔羌高原鳅受精卵的最佳孵化盐度梯度为0.4%,范围为0.2%~0.6%,高于淡水且栖息水域符合咸淡水,这与塔里木河的水质特点^[5-7]密切相关,盐度在0.1%~0.5%范围内。

3.2 盐度对叶尔羌高原鳅仔鱼成活率的影响

盐度对仔鱼存活率的影响比较显著,当盐度超出一定范围时,孵化培育周期缩短、畸形率升高,影响胚胎发育的正常进行,造成仔鱼存活率低、对环境变化的耐受性差。鱼类机体过弱、发育不完全,尤其是渗透压调节不完善将导致仔鱼死亡率过高,当环境盐度较低时,仔鱼为维持体内渗透压稳定而消耗的能量也减少^[13-14,17]。

赵明等对七带石斑鱼(*Epinephelus septemfasciatus*)仔鱼的最适生存研究发现,此鱼类在盐度为3.0%~3.5%时仔鱼存活系数为24.70、23.27^[16]。王贵宁等对卵形鲳鲅(*Trachinotus ovatus*)初孵仔鱼的存活和发育研究发现,盐度为2.8%~3.6%时仔鱼存活率较高,均大于5.0%;在最适温度24℃下,最佳盐度为3.2%,此时仔鱼存活系数最高^[22]。王涵生等观察比较发现,在盐度为3.8%~4.1%、2.1%~2.4%的2个盐度梯度内,赤点石斑鱼(*Epinephelus akaara*)仔鱼的SAI值为3.19~12.42^[23]。如果只有SAI值大于5的仔鱼才可能被进一步培育成苗,则本试验中除了1%盐度梯度以外基本都可以,但最佳范围盐度梯度较小。

强俊等研究发现,在不同盐度下,奥尼罗非鱼(*Oreochromis mossambicus*)仔鱼24h的死亡率显著不同,盐度越高则畸形率越高,死亡个体越多、仔鱼存活系数越低^[24]。本试验中,在盐度0.4%、0.6%时叶尔羌高原鳅仔鱼存活时间最长,可达10d;1%梯度下仅能存活48h,随着盐度的升高死亡数显著上升,SAI值直线下降。

王杰等、易祖盛等研究发现,盐度对初孵仔鱼SAI值的影响主要通过对渗透调节的影响来实现;在不同盐度下,仔鱼需要消耗能量调节其渗透压,初孵仔鱼能够在盐度范围较广的水体中存活,机体结构与组分使其保持了一定渗透,并有能力维护其渗透,可主动调节渗透压以保持平衡^[17,25]。本试验的结论与之一致,内陆水域咸淡水栖息的高原鳅鱼类具有不同的渗透调节,仔鱼在一定盐度范围内存活,盐度范围内SAI值呈抛物线趋势,先上升后下降,回落差异显著。

致谢:在盐度分析和文章修订中得到了中国水产科学院长江水产研究所马宝珊博士的大力协助,谨致谢忱!

参考文献:

- [1] 朱松泉. 中国条鳅志[M]. 南京:江苏科学技术出版社,1989:68-132.
- [2] 武云飞,吴翠珍. 青藏高原鱼类[M]. 成都:四川科学技术出版社,1982:256-259.
- [3] 乐佩琦,陈宜瑜. 中国濒危动物红皮书:鱼类[M]. 北京:科学出版社,1998.
- [4] Huo T B, Jiang Z F, Karjan A, et al. Length-weight relationships of 16 fish species from the Tarim River, China[J]. Journal of Applied Ichthyology, 2012, 28(1): 152-153.
- [5] 樊自立, 马英杰, 张惠, 等. 塔里木河水水质盐化及改善途径[J]. 水科学进展, 2002, 13(6): 719-725.
- [6] 吐尔逊·艾山, 塔西甫拉提·特依拜. 塔里木河水水质现状综合评价[J]. 水土保持通报, 2007(5): 174-178.
- [7] 陈生熬, 程勇, 范镇明, 等. 塔里木河上游阿拉尔段水质的时空特征[J]. 水生态学杂志, 2014(5): 15-21.
- [8] Nie Z, Wu H, Wei J, et al. Length-weight relationship and morphological studies in the Kashgarian loach *Triplophysa yarkandensis* (Day, 1877) from the Tarim River, Tarim River Basin, North-West China[J]. Indian Journal of Fisheries, 2013, 60(1): 15-19.
- [9] 曾霖, 唐文乔. 叶尔羌高原鳅的年龄、生长与繁殖特征[J]. 动物学杂志, 2010, 45(5): 29-38.
- [10] 陈生熬, 马春晖, 丁慧萍, 等. 塔里木河叶尔羌高原鳅繁殖生物学研究[J]. 水生生物学, 2013(5): 810-816.
- [11] Jobling M. Environmental Biology of Fishes[M]. Fish and Fisheries Series. Canada: Chapman & Hall, Springer. 1995, 16: 1-354.
- [12] Wootton R J. Ecology of Teleost Fishes. Fish and Fisheries Series [M]. University of Michigan, Chapman and Hall, 1990: 1-370.
- [13] 殷名称. 鱼类生态学[M]. 基隆: 水产出版社, 1998: 105-130.
- [14] 林浩然. 鱼类生理学[M]. 广州: 广东高等教育出版社, 2007: 116-216.
- [15] 张友标, 喻达辉, 黄桂菊. 生态因子对豹纹鳃棘鲈受精卵孵化和仔鱼成活的影响[J]. 广东农业科学, 2011(10): 102-105.
- [16] 赵明, 陈超, 柳学周, 等. 盐度对七带石斑鱼胚胎发育和卵黄囊仔鱼生长的影响[J]. 渔业科学进展, 2011, 32(2): 16-21.
- [17] 王杰, 李冰, 张成锋, 等. 盐度对鱼类胚胎及仔鱼发育影响的研究进展[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(5): 187-192.
- [18] 郭永军, 陈成勋, 李占军, 等. 水温和盐度对鲤鱼胚胎和前期仔鱼发育的影响[J]. 天津农学院学报, 2004, 11(3): 5-9.
- [19] 林华英. 温度对鲤鱼胚胎发育的影响[J]. 动物学杂志, 1981(1): 5-10.
- [20] 王茂元, 钟全福, 黄洪贵, 等. 盐度对新吉富罗非鱼受精卵孵化和仔稚鱼活力的影响[J]. 动物学杂志, 2012, 47(5): 88-92.
- [21] 赵俊, 易祖盛, 陈湘舜, 等. 水温和盐度对尖鳍鲤胚胎发育的影响[J]. 淡水渔业, 1995(5): 10-12.
- [22] 王贵宁, 李兵, 罗蕾, 等. 温度及盐度对卵形鲳鲅仔鱼存活和发育的影响[J]. 上海海洋大学学报, 2011, 20(6): 831-837.
- [23] 王涵生, 方琼珊, 郑乐云. 盐度对赤点石斑鱼受精卵发育的影响及仔鱼活力的判断[J]. 水产学报, 2002, 26(4): 344-350.
- [24] 强俊, 王辉, 李瑞伟. 盐度对奥尼罗非鱼受精卵孵化和仔鱼活力的影响[J]. 水产科学, 2009, 28(6): 329-332.
- [25] 易祖盛, 陈湘舜. 盐度对尖鳍鲤早期发育的影响[J]. 广州师院学报: 自然科学版, 1998, 20(5): 61-64.