

## 影响西藏卤虫无节幼体在淡水中存活时间的几个因素分析

潘正军 安然 徐艳婷 肖新 王琼 许芳方 杜逸东

### ANALYZING SURVIVAL FACTORS OF NAUPLII IN FRESHWATER ON *ARTEMIA* IN TIBET AUTONOMOUS REGION, CHINA

PAN Zheng-Jun, AN Ran, XU Yan-Ting, XIAO Xin, WANG Qiong, XU Fang-Fang, DU Yi-Dong

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.7541/2020.148>

## 您可能感兴趣的其他文章

### Articles you may be interested in

#### 西藏两种裂腹鱼鱼肉质构特征比较分析

TEXTURE ANALYSES OF TWO SCHIZOTHORACINAE FISHES IN TIBET AUTONOMOUS REGION, CHINA

水生生物学报. 2018, 42(6): 1224–1231 <https://doi.org/10.7541/2018.150>

#### 西藏黑斑原繁殖群体两性异形研究

SEXUAL DIMORPHISM IN SEXUALLY MATURE *GLYPTOSTERNUM MACULATUM* IN TIBET AUTONOMOUS REGION, CHINA

水生生物学报. 2018, 42(6): 1203–1209 <https://doi.org/10.7541/2018.147>

#### 西藏双须叶须鱼八种年龄鉴定材料的比较研究

VALUES OF EIGHT STRUCTURES AS AGE DETERMINATION OF *PTYCHOBARBUS DIPOGON*, TIBET AUTONOMOUS REGION

水生生物学报. 2019, 43(3): 579–588 <https://doi.org/10.7541/2019.070>

#### 盐度对大麻哈鱼幼鱼存活率、鳃ATP酶活力及其组织结构的影响

EFFECTS OF SALINITY ON SURVIVAL RATE, GILL ATPASE ACTIVITY AND GILL STRUCTURE OF JUVENILES CHUM SALMON

水生生物学报. 2020, 44(3): 562–569 <https://doi.org/10.7541/2020.069>

#### 运输密度和时间对黑尾近红皮质醇、乳酸、糖元含量的影响

EFFECTS OF TRANSPORTATION DENSITY AND TIME ON CORTISOL, LACTATE AND GLYCOGEN OF *ANCHERYTHROCVLTER NIGROCAUDA*

水生生物学报. 2020, 44(2): 415–422 <https://doi.org/10.7541/2020.050>

#### 温度、pH和盐度对后背鲈鲤幼鱼存活的影响

EFFECTS OF TEMPERATURE, pH AND SALINITY ON THE SURVIVAL OF JUVENILE *PERCOCYPRIS PINGI RETRODORSALIS*

水生生物学报. 2018, 42(3): 578–583 <https://doi.org/10.7541/2018.072>



关注微信公众号，获得更多资讯信息

doi: 10.7541/2020.148

# 影响西藏卤虫无节幼体在淡水中存活时间的几个因素分析

潘正军 安然 徐艳婷 肖新 王琼 许芳方 杜逸东

(淮阴师范学院生命科学院, 江苏省特色水产繁育工程实验室, 淮安 223300)

**摘要:** 为对水产养殖育苗实践中活体饵料西藏卤虫(*Antemia tibetiana*)的应用提供参考, 研究不同钠盐对孵化率、无节幼体在淡水中存活时间的影响, 分析NaCl浓度、孵化液pH和淡水水温等因素对西藏卤虫无节幼体在淡水中存活时间, 记录各组无节幼体在淡水中50%和100%死亡所需时间。结果表明, 不同钠盐显著影响西藏卤虫的孵化率, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>组显著高于NaCl组( $P < 0.05$ ), Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>组显著低于NaCl组( $P < 0.01$ ), 其他各组之间差异不显著( $P > 0.05$ )。以NaCl组孵化出的无节幼体在淡水中存活时间最长, 50%存活时间达13h, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>组孵化的无节幼体存活时间显著低于NaCl组( $P < 0.05$ ), 而Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>和NaNO<sub>3</sub>组存活时间极显著低于NaCl组( $P < 0.01$ ), 在Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>中孵化的无节幼体死亡速度最快。孵化率高的实验组存活时间不是最长, 显示孵化率与存活率之间并无关联性。随着孵化液NaCl浓度升高, 无节幼体在淡水中存活时间逐渐延长, 至35‰时达到最高, 但当孵化液NaCl浓度达40‰时, 存活时间开始下降。随着孵化液pH从6.5—8.0逐渐升高, 存活时间逐渐延长, 至pH8.0时达到最高, 孵化液pH继续升高, 存活时间逐渐缩短, 到pH10.0时, 50%存活时间只有3.54h, 死亡速度最快, pH8.0组与其他实验组相比较差异显著( $P < 0.05$ )。在5℃淡水中无节幼体50%死亡时间为18.54h, 显著长于15℃水温组, 当水温 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 时, 所有组别50%存活时间短于水温15℃组, 差异显著( $P < 0.05$ )。孵化时钠盐的种类、NaCl浓度、孵化液pH和淡水水温对西藏卤虫无节幼体在淡水中存活时间有显著影响。

**关键词:** 西藏卤虫; 淡水存活时间; 孵化率; 影响因素

**中图分类号:** Q178.1      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-3207(2020)06-1270-08

在水产养殖育苗过程中, 卤虫的无节幼体是鱼虾的优质开口饵料<sup>[1-3]</sup>, 随着水产养殖规模不断扩大, 对卤虫资源需求不断增加, 导致卤虫卵的价格不断攀升, 养殖成本也随之上升<sup>[4]</sup>。虽然现在有干饲料作为开口饵料的开发使用, 但是干饲料适口性差, 且不运动的颗粒对鱼虾苗吸引力低, 不利于对饲料的利用和鱼虾苗的生长发育<sup>[5, 6]</sup>, 活饵料仍然是首选; 活饵料供应不足将导致幼鱼虾营养不良, 降低生长率以及引起同类相食<sup>[4, 7]</sup>。对于淡水养殖育苗来说, 如果投喂量过大导致短时间内卤虫无节幼体不能被摄取而死亡, 引起水质恶化和成本增加, 因此投饵方案开发和了解卤虫无节幼体在淡水中存活时间就很有必要<sup>[7, 8]</sup>。以往的研究多集中于影响卤虫卵孵化率的条件, 极少探讨影响无节幼体在淡水中存活时间的因素<sup>[9-11]</sup>。

我国西藏盐湖众多, 卤虫资源丰富, 具有很大的

开发利用价值<sup>[12, 13]</sup>。对西藏卤虫(*Antemia tibetiana*)的已有研究涉及生物学特征<sup>[14, 15]</sup>、遗传繁殖<sup>[16-18]</sup>、营养成分<sup>[19]</sup>和孵化条件<sup>[20-22]</sup>等, 但对影响其在淡水中存活时间的因素未见报道, 本文拟选择不同钠盐、孵化盐度、孵化液pH、不同淡水水温等因素, 探讨它们对西藏卤虫无节幼体在淡水中存活时间的影响, 为投饵方案开发、提高卤虫的利用率提供基础性资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料与仪器

西藏卤虫卵购于天津丰年水产养殖有限公司(西藏大红卵), 真空包装冷冻保藏。

NaCl、Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>、NaNO<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>、NaOH和HCl(分析纯, 上海国药集团化学试剂有限公司)。

**收稿日期:** 2019-08-12; **修订日期:** 2020-05-16

**基金项目:** 江苏省区域现代农业与环境保护协同创新中心面上项目(HSXT2-216)资助 [Supported by the Jiangsu Collaborative Innovation Center of Regional Modern Agriculture & Environmental Protection (HSXT2-216)]

**通信作者:** 潘正军(1969—), 男, 博士, 副教授; 研究方向为鱼类遗传与发育生物学。E-mail: zhengjunpan@163.com

智能人工气候箱(HP1000GS, 武汉瑞华仪器设备有限公司)、电子天平(赛多利斯, BSA224S)、电热恒温水浴锅(HH-8, 上海精科实业有限公司)、精密pH计(PHS-3D, 上海三信仪表厂)、连续变倍体视显微镜(SZ780, 重庆奥特光学仪器有限公司)和电磁振动式空气泵(YT-302C, 森森集团股份有限公司)。

## 1.2 实验方法

冷冻保存的西藏卤虫卵取适量于4℃解冻24h, 放入盛有预先曝气的自来水的烧杯中搅拌, 以沉底的卤虫卵作为实验对象。

为探讨不同钠盐对西藏卤虫卵孵化率及在淡水中存活的影响, 分别用蒸馏水配制15‰的NaCl、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、NaNO<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>和NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>各250 mL(分别测定各溶液的pH), 置于500 mL的烧杯中, 每个烧杯中数200粒卤虫卵, 在人工气候箱中2000 lx, 28℃充气孵化24h<sup>[21, 22]</sup>, 计算孵化率。取孵化出的无节幼体各50只放进盛有200 mL曝气的蒸馏水的烧杯中, 室温下每隔1h计数死亡的无节幼体, 并将死亡的无节幼体移出, 观察直至全部无节幼体死亡。以前的研究表明15‰ NaCl孵化率最高<sup>[21]</sup>, 各组间比较以15‰NaCl组为标准(下同)。

用NaCl配制成8‰、10‰、15‰、20‰、25‰、30‰、35‰和40‰不同浓度的孵化液, 按上述方法孵化, 取刚孵化的无节幼体各50只在室温下统计其在淡水中的存活时间, 研究不同孵化盐度对西藏卤虫在淡水中存活时间的影响。

配制NaCl为15‰的250 mL溶液8杯, 再利用0.1 mol/L的HCl及0.1 mol/L的NaOH母液分别调整各杯溶液的pH至6.5、7.0、7.5、8.0、8.5、9.0、9.5和10.0, 每个烧杯中放200粒卤虫卵按前述条件进行孵化, 观察孵化后的无节幼体在淡水中的存活情况, 以探讨不同pH孵化液对西藏卤虫在淡水中存活时间的影响。

为分析不同水温对西藏卤虫在淡水中存活时间的影响, 将在15‰NaCl中孵化的卤虫无节幼体各50只放进装有250 mL曝气清水的500 mL烧杯中, 置于5℃、10℃、15℃、20℃、25℃和30℃的人工气候箱中, 每隔1h计数存活的无节幼体, 并将死亡的无节幼体移出, 观察直至全部无节幼体死亡。

除分析不同水温对西藏卤虫在淡水中存活时间的影响外, 其他实验均在室温下进行。所有实验重复3次, 并计算不同条件下各组无节幼体50%和100%的死亡时间。

## 1.3 数据处理

实验结果用SPSS 16.0进行单因素方差分析, 对

各因素进行独立性 $t$ 检验, 数据以平均数±标准差(Mean±SD)表示,  $P<0.05$ 具有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 不同钠盐对西藏卤虫孵化率及在淡水中存活时间的影响

从表1可以看出, 在Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>溶液中西藏卤虫卵孵化率最高, 与NaCl孵化液相比达显著水平( $P<0.05$ ); 在Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>溶液中孵化率最低, 与NaCl孵化液的孵化率相比差异极显著( $P<0.01$ ); 其他3组与之相比差异不显著( $P>0.05$ )。在NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>溶液中孵化的幼虫能脱离卵壳, 但是附肢发育不全, 完全不能展开, 且一动不动, 无法进行后续实验, 所以下面的存活率实验只有5组。

表1 西藏卤虫卵在不同钠盐条件下的孵化率

Tab. 1 Hatching rates of *Artemia* in Tibet in different sodium salts

| 钠盐Sodium salts (15‰)                       | 无节幼体数 Nauplii (n)         | 孵化率Hatching rate (%) |
|--------------------------------------------|---------------------------|----------------------|
| NaCl (pH=7.01)                             | 144.25±8.79               | 72.12±4.39           |
| Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (pH=7.00)  | 171.43±25.19              | 85.71±12.59*         |
| Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (pH=10.44) | 112.21±13.77              | 56.15±6.89**         |
| NaNO <sub>3</sub> (pH=6.89)                | 136.80±14.75              | 68.47±7.38           |
| Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> (pH=9.51) | 141.22±13.81              | 70.62±6.91           |
| NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> (pH=4.57) | 151.17±19.85 <sup>△</sup> | 75.54±9.93           |

注: 与NaCl孵化液组相比较, \* $P<0.05$ , \*\* $P<0.01$ , 下同; △, 孵出的无节幼体不运动

Note: Compared with NaCl group, \* $P<0.05$ , \*\* $P<0.01$ . The same applies below; △, the hatched nauplii cannot move

从表2和表3可以看出, 以NaCl组孵化出的无节幼体在淡水中存活时间最长, 50%存活时间达到13.32h, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>组孵化的无节幼体显著低于NaCl中孵出的无节幼体存活时间( $P<0.05$ ), 而以Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>和NaNO<sub>3</sub>为孵化介质的无节幼体存活时间极显著低于NaCl组( $P<0.01$ ), 在Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>中孵化的无节幼体死亡速度最快。同时可以发现, 孵化率最高的Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>组存活时间并不是最长, 显示孵化率高低与存活时间并无相关性。

### 2.2 不同NaCl浓度对西藏卤虫无节幼体在淡水中存活时间的影响

从表4可以看出, 孵化液NaCl浓度不仅影响西藏卤虫的孵化率<sup>[20, 21]</sup>, 对孵出的无节幼体在淡水中的存活时间也有重要影响, 随着孵化NaCl浓度的增高, 无节幼体在淡水中的存活时间逐渐延长, 至35‰时达到最高, 但当孵化NaCl浓度达40‰时, 存活时间开始下降。从表5可以看出8‰ NaCl孵化的无节幼体死亡最快, 50%和100%死亡时间分别只要4.30h和12.00h, 与15‰ NaCl相比均显著降低



不足2h。水温低于15℃实验组也显示出随温度升高死亡率提高和死亡速度加快的趋势, 100%死亡时间显著长于15℃实验组。实验结果表明, 水温显著影响西藏卤虫无节幼体在淡水中存活的时间, 较低的水温更有利于卤虫的存活。

3 讨论

卤虫俗称“盐虫子”, 其发育、生长、繁殖均在含盐分的水体中完成, 在长期进化过程中形成了广泛的适应性和对不同盐度的耐受性<sup>[11, 24—26]</sup>, 进入淡水后为维持正常的生理活动将耗费大量的能量调节渗透压平衡, 必将影响其在淡水中的存活时间。在淡水养殖实践中, 卤虫无节幼体作为饵料都是直

接投喂于淡水中, 其投放量直接影响到苗种生长和存活率<sup>[27, 28]</sup>, 投喂量不足将降低生长率甚至引起同类相食<sup>[7]</sup>, 投喂量过大则不仅导致成本上升也易造成水质恶化, 制定合理的投喂方案和确定投喂量使了解卤虫无节幼体在淡水中的存活时间成为必不可少<sup>[4, 5, 29]</sup>。

影响卤虫孵化率的因素主要有温度<sup>[10, 21, 30]</sup>、盐度<sup>[11, 25]</sup>、pH<sup>[26, 31]</sup>和光照<sup>[9, 32—34]</sup>等, 那么影响卤虫无节幼体在淡水中存活时间的因素有哪些? 影响程度如何? 本文选取孵化钠盐的种类、盐度、孵化液pH及淡水水温进行了探讨。

3.1 不同钠盐

一般生产上孵化液都是用食盐(NaCl)或海水

表 5 不同NaCl浓度孵出的无节幼体在淡水中50%和100%死亡时间(h)

Tab. 5 Nauplii mortality of 50% and 100% of *Artemia* in Tibet in freshwater hatched at different salinities (h)

| 死亡率Mortality (%) | NaCl浓度NaCl content (‰) |             |            |            |             |             |              |              |
|------------------|------------------------|-------------|------------|------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
|                  | 8                      | 10          | 15         | 20         | 25          | 30          | 35           | 40           |
| 50               | 4.30±0.25***           | 8.53±4.65** | 11.33±5.98 | 16.53±2.73 | 17.33±1.53* | 17.00±1.20* | 21.40±0.69** | 22.00±0.44** |
| 100              | 12.00±2.00***          | 19.33±1.15* | 23.67±1.15 | 25.33±1.15 | 26.33±0.58* | 28.67±1.15* | 32.00±6.24** | 29.00±1.00*  |

注: 与NaCl15‰孵化液组相比较, \*\*\* $P<0.001$ ; 下同  
Note: Compared with NaCl 15‰ group, \*\*\* $P<0.001$ . The same applies below

表 6 不同pH孵化的西藏卤虫无节幼体在淡水中的存活时间(以存活率计%)

Tab. 6 Survival time of *Artemia* in Tibet nauplii in freshwater hatched in different pH incubations (in terms of survival rate %)

| 时间Time (h) | pH         |            |            |            |            |            |            |             |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
|            | 6.5        | 7.0        | 7.5        | 8.0        | 8.5        | 9.0        | 9.5        | 10.0        |
| 2          | 97.33±0.57 | 94.67±1.53 | 95.33±2.08 | 95.33±6.66 | 96.67±6.62 | 98.00±7.08 | 97.33±5.57 | 68.00±7.93  |
| 4          | 91.33±1.15 | 88.67±1.16 | 84.00±3.57 | 90.00±5.89 | 84.00±7.67 | 88.00±7.65 | 87.33±5.69 | 42.67±13.32 |
| 6          | 75.33±2.08 | 80.67±1.16 | 66.00±6.67 | 83.33±8.49 | 72.33±8.83 | 70.00±1.00 | 57.33±7.23 | 26.67±9.87  |
| 8          | 58.67±3.05 | 64.67±2.52 | 50.00±5.49 | 79.33±5.46 | 61.33±5.23 | 60.67±2.65 | 37.33±8.64 | 22.67±8.96  |
| 10         | 46.67±3.51 | 51.33±3.06 | 39.33±1.23 | 74.67±5.24 | 54.67±5.01 | 40.67±2.08 | 32.00±3.54 | 15.33±7.51  |
| 12         | 28.67±2.52 | 40.00±1.67 | 32.67±6.23 | 72.00±4.56 | 36.00±4.56 | 25.33±1.53 | 19.33±2.63 | 15.00±5.00  |
| 14         | 19.33±1.53 | 28.00±3.46 | 29.33±4.52 | 59.33±6.31 | 34.67±2.36 | 12.00±1.53 | 11.33±4.67 | 10.00±3.06  |
| 16         | 8.00±1.00  | 15.33±3.06 | 21.33±8.80 | 47.33±6.56 | 28.67±6.05 | 4.67±1.53  | 4.00±1.53  | 5.00±1.53   |
| 18         | 4.67±1.52  | 6.67±1.63  | 15.33±6.54 | 29.33±4.13 | 22.67±6.67 | 1.33±0.58  | 0.67±1.15  | 0           |
| 20         | 2.00±1.00  | 3.33±0.58  | 10.67±2.36 | 13.33±1.56 | 8.67±3.31  | 0          | 0          |             |
| 22         | 0          | 0.67±0.58  | 7.33±4.52  | 9.67±3.31  | 2.67±1.52  |            |            |             |
| 24         |            | 0          | 2.67±5.23  | 6.00±0.57  | 0          |            |            |             |
| 26         |            |            | 0          | 4.00±1.00  |            |            |            |             |
| 28         |            |            |            | 0          |            |            |            |             |

表 7 不同pH孵化的西藏卤虫无节幼体在淡水中50%和100%死亡时间

Tab. 7 Nauplii mortality of 50% and 100% of *Artemia* in Tibet in freshwater hatched in different pH incubations

| 死亡率Mortality (%) | pH          |             |            |            |             |              |              |               |
|------------------|-------------|-------------|------------|------------|-------------|--------------|--------------|---------------|
|                  | 6.5         | 7.0         | 7.5        | 8.0        | 8.5         | 9.0          | 9.5          | 10.0          |
| 50               | 8.83±2.67** | 10.25±3.52* | 9.87±6.67* | 15.54±4.98 | 11.02±5.24  | 9.59±6.15*   | 7.53±3.67**  | 3.54±6.67***  |
| 100              | 21.27±3.59* | 22.36±5.57* | 24.68±3.67 | 27.64±6.38 | 22.56±3.35* | 18.24±6.24** | 18.08±3.61** | 16.53±3.05*** |

注: 与pH8.0孵化组相比  
Note: Compared with pH8.0 group

晶配制,极少考虑不同盐类对孵化率的影响。但是西藏盐湖类型众多,主要有碳酸盐、硫酸盐、氯化物等不同类型,不同的盐湖水化学类型具有不同的专属性,具有南北分带、东西分区的特点<sup>[12, 35, 36]</sup>。不同盐湖中出产的卤虫可能已经对不同盐类产生了适应性,本次的实验结果也证实不同钠盐对孵化率产生显著影响。在Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>溶液中孵化率最高、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>中最低,与NaCl实验组相比均差异显著,这是否说明此批次西藏卤虫卵产地为硫酸盐型湖泊?因购买的是商品卵,产地不明,如需了解盐湖类型对孵化率的影响,尚需进一步研究。不同钠盐种类影响西藏卤虫孵化率不仅与孵化液离子成分有关,也与孵化液的pH高低有关,至于NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>组孵出的幼虫成堆聚集且不运动,估计是受孵化液pH的影响,因为NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>溶液显酸性,这在后续关于孵化液pH部分讨论。

在淡水中的存活时间以NaCl实验组最长,考察50%存活率的时长,NaCl组>Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>组>Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>

组>NaNO<sub>3</sub>组>Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>组,说明孵化率高的实验组存活率不一定高,存活时间也不一定长,二者之间并无关联性。与NaCl组相比,除Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>组外,均差异显著,说明不同钠盐不仅对孵化率有影响,对在淡水中存活时间也有影响,这种影响可能与进化适应有关,也可能与在孵化时渗透调节耗能多少有关,因为尽管孵化液质量分数相同,但各组的离子浓度与pH不同,造成各实验组胚胎孵化过程中耗能不同,具体机制如何还需进一步研究<sup>[37]</sup>。

3.2 NaCl浓度

盐度不仅影响卤虫的孵化率,还对卤虫形态、生存、生长发育、成熟、生殖和寿命产生显著影响<sup>[11, 25, 31]</sup>。不同NaCl浓度孵化的无节幼体在淡水中存活时间呈现随盐度逐渐升高而延长的趋势,到达一个顶峰后缩短(8‰组最低,35‰组最高),说明较高的孵化盐度有利于无节幼体在淡水中的存活。原因在于较低的NaCl浓度孵化时胚胎消耗较多的能量用于渗透压调节,在不投饵状态下进入淡

表 8 西藏卤虫无节幼体在不同水温淡水中的存活时间(以存活率计%)

Tab. 8 Nauplii survival time of *Artemia* in Tibet in different temperatures of freshwater (in terms of survival rate %)

| 时间<br>Time (h) | 温度Temperature (°C) |            |            |            |            |            |
|----------------|--------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                | 5                  | 10         | 15         | 20         | 25         | 30         |
| 2              | 94.33±1.73         | 86.51±5.54 | 82.26±8.23 | 72.34±6.62 | 54.54±5.59 | 44.45±3.34 |
| 4              | 90.05±3.61         | 84.22±2.39 | 78.56±3.28 | 64.26±3.57 | 42.28±6.02 | 32.67±5.29 |
| 6              | 86.36±5.23         | 82.46±6.81 | 72.45±5.68 | 58.37±5.23 | 38.24±3.85 | 24.91±4.09 |
| 8              | 82.24±4.29         | 80.37±4.79 | 66.41±5.42 | 50.53±5.58 | 36.37±4.07 | 22.07±3.58 |
| 10             | 76.85±3.36         | 68.26±5.67 | 60.29±4.36 | 46.54±4.06 | 26.15±2.25 | 16.62±6.27 |
| 12             | 70.23±2.01         | 66.35±6.62 | 54.53±2.27 | 42.24±4.67 | 24.29±3.46 | 10.47±4.03 |
| 14             | 66.66±2.69         | 64.42±5.58 | 52.74±1.06 | 24.39±2.01 | 16.17±4.52 | 8.04±3.79  |
| 16             | 56.37±6.08         | 50.04±4.57 | 44.24±4.08 | 18.41±2.59 | 8.06±3.26  | 4.17±1.57  |
| 18             | 50.48±5.54         | 38.43±5.59 | 40.38±3.64 | 16.28±3.32 | 6.43±4.06  | 2.67±0.58  |
| 20             | 44.52±3.35         | 32.38±3.28 | 34.63±3.59 | 14.62±5.51 | 4.46±2.27  | 0          |
| 22             | 36.41±6.63         | 30.47±4.51 | 32.25±4.27 | 6.38±2.29  | 1.05±1.73  |            |
| 24             | 34.04±3.28         | 22.22±3.66 | 22.53±3.21 | 4.27±2.26  | 0          |            |
| 26             | 32.39±3.56         | 16.56±2.25 | 10.03±2.36 | 2.23±1.05  |            |            |
| 28             | 26.57±7.36         | 12.14±2.34 | 3.43±1.58  | 0          |            |            |
| 30             | 8.32±2.59          | 2.16±1.79  | 0          |            |            |            |
| 32             | 4.01±2.23          | 0          |            |            |            |            |
| 34             | 0                  |            |            |            |            |            |

表 9 西藏卤虫无节幼体在不同水温淡水中50%和100%死亡时间

Tab. 9 Nauplii mortality of 50% and 100% of *Artemia* in Tibet in different temperatures of freshwater

| 死亡率Mortality (%) | 温度Temperature (°C) |             |            |            |              |               |
|------------------|--------------------|-------------|------------|------------|--------------|---------------|
|                  | 5                  | 10          | 15         | 20         | 25           | 30            |
| 50               | 18.54±2.69*        | 16.67±4.52  | 15.38±3.59 | 9.53±4.06* | 2.96±2.25*** | 1.78±1.57***  |
| 100              | 32.86±3.67**       | 30.22±1.79* | 28.03±2.36 | 26.23±5.51 | 22.41±3.26** | 18.17±3.79*** |

注: 与水温15℃组相比  
Note: Compared with temperature 15℃ group

水会继续消耗大量能量而快速死亡;随着NaCl浓度的升高逐渐接近于正常生活的水体,孵化时耗能减少,用于淡水水体渗透调节的能量相对较多,存活时间延长<sup>[8,11]</sup>。但是孵化NaCl浓度过高也将引起胚胎发育耗能增高,减少进入淡水时的能量储备<sup>[11]</sup>。以前的研究表明在15‰NaCl浓度时西藏卤虫孵化率最高<sup>[21]</sup>,本次实验发现该NaCl浓度下的50%存活时间达11h,完全满足其作为饵料被摄食的时间需求,从生产成本与效益角度,实践中选择15‰NaCl浓度孵化是合适的。

### 3.3 孵化液pH

西藏盐湖pH在8.11—9.14,为弱碱性水体<sup>[36]</sup>,因此西藏卤虫适于在弱碱性条件下孵化,以前的研究也证实了这一点<sup>[22]</sup>,体现了西藏卤虫生存和进化的适应。孵化液pH较低将导致卤虫卵进入休眠,而碱性条件可以激活卤虫胚胎正常代谢并终止暂停的发育程序<sup>[37]</sup>,0.1mol/L NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>的pH约4.5—4.7,这就解释了钠盐实验时该组孵出的幼体附肢发育不全,不能展开且不动的原因。NaCl、NaNO<sub>3</sub>和Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>孵化液的pH接近中性,但是Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>组孵化率显著高于NaCl和NaNO<sub>3</sub>组,说明影响孵化率的因素是阴离子的种类<sup>[38,39]</sup>。Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>组孵化液的pH=9.51,呈碱性,孵化率与NaCl组接近,说明碱性孵化液有利于西藏卤虫的孵化;但是Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>组的pH达到11.44,已呈强碱性,孵化率显著降低,这是因为孵化液pH影响孵化率与酶的活性有关,如在pH 8—9孵化酶的活性最强<sup>[37]</sup>。

在淡水中,无节幼体的存活时间随孵化液pH升高而延长,pH8.0时间最长,随后开始缩短,与各组相比均差异显著。该趋势及最长存活时间均与孵化率结果一致,可能与机体代谢的酶活性有关,也与孵化时渗透压调节有关,较低或较高的pH均会增加维持正常膜电位耗能,减少在淡水中生活的能量储备,加快在淡水中死亡速度<sup>[11,37]</sup>。这一点在不同钠盐影响的实验中也得到证实,Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>组孵化的无节幼体在淡水中死亡速度最快,是因为在5组孵化液中其pH最高,孵化过程中能量消耗过多,严重降低无节幼体在淡水中的存活时间。

### 3.4 水温

淡水水温显著影响西藏卤虫无节幼体的存活时间,温度从低到高,存活时间越来越短,且死亡速度有越来越快的趋势。本次试验发现5℃淡水中50%死亡时间约需20h,与15℃组相比差异显著,当水温≥20℃时,所有组别的存活时间与水温15℃组差异显著,到30℃组50%死亡时间已不足2h,说明温度对无节幼体在淡水中存活时间的影响要强于

上述其他因素。水温从低到高会使水生动物卵黄消耗随温度升高而加快<sup>[40]</sup>,运动加强和游泳速度增加<sup>[41]</sup>,新陈代谢增强<sup>[10]</sup>,体内能量消耗增多,这样,在不投饵状态下卤虫无节幼体随水温升高而死亡速度加快也就不难理解。建议在水温较高的季节育苗时,应减少每次投喂量而增加每天的投喂次数以减少浪费,加大育苗池水质监测力度及换水频率,降低苗种死亡风险。

本次实验均在不投饵状态下完成,与生产实践中方法相同,可以为鱼虾育苗时西藏卤虫无节幼体使用提供参考资料。

### 参考文献:

- [1] Chen L X, Ge G C. Main nutritional contents of *Artemia* cysts and their nauplii from some areas in China [J]. *Marine Science Bulletin*, 1996, **15**(3): 19-27. [陈立新, 葛国昌. 我国若干地区所产卤虫卵及幼虫的主要营养成分[J]. 海洋通报, 1996, **15**(3): 19-27.]
- [2] Huang X X. Nutrition in brine shrimp *Artemia* [J]. *Fisheries Science*, 2007, **26**(11): 628-631. [黄旭雄. 卤虫的营养[J]. 水产科学, 2007, **26**(11): 628-631.]
- [3] Huang Q, Jiang S, Qi K C, et al. The changes in growth, survival, food intake and body composition of *Pseudogrus fulvirostris* larvae and juveniles fed with *Artemia* nauplii [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2012, **19**(6): 1034-1042. [黄权, 姜夙, 齐科翀, 等. 投喂卤虫无节幼体条件下黄颡鱼仔稚鱼生长、存活率、摄食力和体成分的变化[J]. 中国水产科学, 2012, **19**(6): 1034-1042.]
- [4] Miao Y Q, Liu X W, Liang C, et al. Research progress on nutrition physiology and starter feed of larvae and juvenile [J]. *Scientific Fish Farming*, 2019(4): 64-66. [苗又青, 刘兴旺, 梁超, 等. 仔稚鱼营养生理与开口饵料研究进展[J]. 科学养鱼, 2019(4): 64-66.]
- [5] Lim L C, Dhert P, Sorgeloos P. Recent developments in the application of live feeds in the freshwater ornamental fish culture [J]. *Aquaculture*, 2003, **227**(1): 319-331.
- [6] Nyang'ate Onura C, Van den Broeck W, Nevejan N, et al. Growth performance and intestinal morphology of African catfish (*Clarias gariepinus*, Burchell, 1822) larvae fed on live and dry feeds[J]. *Aquaculture*, 2018(489): 70-79.
- [7] Coelho-Filho P A, Gonçalves A P, Barros H P. *Artemia* nauplii intake by *Macrobrachium carcinus* at different larval stages in laboratory[J]. *Aquaculture*, 2018(484): 333-337.
- [8] He X Y, Wang Z C, Liu A, et al. Effects of incubation salinity on short and medium-term survival in cold freshwater of *Artemia* nauplii [J]. *Scientific Fish Farming*, 2013(10): 50-51. [何相燕, 王智超, 刘安, 等. 孵化盐度对卤虫无节幼体冷水性淡水水体的中短期存活效应的影响[J]. 科学养鱼, 2013(10): 50-51.]
- [9] Asil S M, Fereidouni A E, Ouraji H, et al. The influence of light (intensity and duration) on the cysts hatching parameters and nauplii growth of *Artemia urmiana*

- (Günther 1890) [J]. *World Journal of Zoology*, 2012, 7(1): 60-64.
- [10] Vanhaecke P, Sorgeloos P. International study on *Artemia* (\*). XLVII. The effect of temperature on cyst hatching, larval survival and biomass production for different geographical strains of brine shrimp *Artemia* spp. [J]. *Annales De La Societe Royale Zoologique De Belgique*, 1989, 118(1): 7-23.
- [11] Triantaphyllidis G V, Pouloupoulou K, Abatzopoulos T J, et al. International study on *Artemia* XLIX. Salinity effects on survival, maturity, growth, biometrics, reproductive and lifespan characteristics of a bisexual and a parthenogenetic population of *Artemia* [J]. *Hydrobiologia*, 1995, 302(3): 215-227.
- [12] Yin X C, Yin H, Zhou K X, et al. Development and utilization of salt algae (*Dunaliella salina*) and brine shrimp (*Artemia* spp.) in the plateau salt lake of China [J]. *Journal of Salt Lake Research*, 2001, 9(1): 4-8. [印象初, 印红, 周可新, 等. 高原盐湖盐藻和卤虫资源的开发和利用 [J]. 盐湖研究, 2001, 9(1): 4-8.]
- [13] Stappen G V, Sui L, Xin N, et al. Characterisation of high-altitude *Artemia* populations from the Qinghai-Tibet Plateau, PR China [J]. *Hydrobiologia*, 2003, 500(1-3): 179-192.
- [14] Liu J Y, Luo J, Zheng M P. A study of *Artemia* in Lagkor Co, Tibet: I. Biological feature [J]. *Journal of Lake Sciences*, 1998, 10(2): 92-96. [刘俊英, 罗健, 郑绵平. 西藏拉果错卤虫-I. 生物学特征 [J]. 湖泊科学, 1998, 10(2): 92-96.]
- [15] Abatzopoulos T J, Zhang B, Sorgeloos P. *Artemia tibetiana*: Preliminary characterization of a new *Artemia* species found in Tibet (People's Republic of China). International study on *Artemia*. LIX [J]. *International Journal of Salt Lake Research*, 1998, 7(1): 41-44.
- [16] Zhou K X, Xu M Q, Yin X C. Reproductive and adult morphological characters of *Artemia* from Lagkor Co, Tibet of China [J]. *Acta Zoologica Sinica*, 2004, 50(3): 364-369. [周可新, 许木启, 印象初. 西藏拉果错卤虫的繁殖特征与成体形态特征 [J]. 动物学报, 2004, 50(3): 364-369.]
- [17] Abatzopoulos T J, Kappas I, Bossier P, et al. Genetic characterization of *Artemia Tibetiana* (Crustacea: Anostraca) [J]. *Biological Journal of the Linnean Society*, 2002(75): 333-344.
- [18] Pan Z J, Ji X Y, An R, et al. Karyotype analysis of parthenogenetic *Artemia* in Tibet [J]. *Journal of Northwest Normal University (Natural Science)*, 2019, 55(1): 79-82. [潘正军, 季晓瑜, 安然, 等. 西藏卤虫孤雌生殖型染色体核型分析 [J]. 西北师范大学学报(自然科学版), 2019, 55(1): 79-82.]
- [19] Liu J Y, Luo J, Zheng M P. A study of *Artemia* in Lagkor Co, Tibet: II. Nutrient [J]. *Journal of Lake Sciences*, 1999, 11(3): 183-288. [刘俊英, 罗健, 郑绵平. 西藏拉果错卤虫—2. 营养成分 [J]. 湖泊科学, 1999, 11(3): 183-288.]
- [20] Li B Q, Liu H Y, Zhang Y Z, et al. Study on hatching condition of *Artemia* Cysts of Shuanghu Lake in Tibet [J]. *Journal of Salt Science and Chemical Industry*, 2018, 47(6): 37-39. [李炳乾, 刘洪岩, 张云泽, 等. 西藏双湖卤虫卵孵化条件的研究 [J]. 盐科学与化工, 2018, 47(6): 37-39.]
- [21] Pan Z J, Zhu C K, Xu H, et al. The effects of temperature, salinity on cysts hatching rates in brine shrimp (*Artemia tibetiana* A.) [J]. *Journal of Aquaculture*, 2017, 38(10): 24-27. [潘正军, 朱传坤, 许虹, 等. 温度、盐度对西藏卤虫卵孵化率的影响 [J]. 水产养殖, 2017, 38(10): 24-27.]
- [22] Pan Z J, Shen D, Mao J, et al. Effects of light intensity and pH on cysts hatching rates of *Artemia* in Tibet [J]. *Journal of Inner Mongolia Normal University (Natural Science)*, 2019, 48(2): 159-161. [潘正军, 沈丹, 茆佳, 等. 光照强度和pH对西藏卤虫孵化率的影响 [J]. 内蒙古师范大学学报(自然科学汉文版), 2019, 48(2): 159-161.]
- [23] Yang C Z, Zhang Q, Yu M H. The pH effect of hatching solution on hatching percentage of *Artemia* cysts and on survive percentage of *Artemia* larvae [J]. *Journal of August 1st Agricultural College*, 1994, 17(2): 25-28. [杨承忠, 张强, 喻梅辉. 孵化液pH值对卤虫卵孵化率及无节幼体存活率的影响 [J]. 八一农学院学报, 1994, 17(2): 25-28.]
- [24] Bowen S T, Buoncristiani M R, Carl J R. *Artemia* habitats: Ion concentrations tolerated by one superspecies [J]. *Hydrobiologia*, 1988, 158(1): 201-214.
- [25] Litvinenko L I, Kozlov A V, Kovalenko A I, et al. Salinity of water as a factor to determine the development of the brine shrimp *Artemia* populations in Siberian lakes [J]. *Hydrobiologia*, 2007, 576(1): 95-101.
- [26] Gajardo G M, Beardmore J A. The brine shrimp *Artemia*: adapted to critical life conditions [J]. *Frontiers in Physiology*, 2012(3): 185.
- [27] Yu C L, Chang Q, Qin B Y, et al. The effect of microdiet supplementation with spermine on the growth and intestinal development of tongue sole postlarvae [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2014, 38(3): 540-547. [于朝磊, 常青, 秦帮勇, 等. 微颗粒饲料中添加精胺对半滑舌鲷稚鱼生长和肠道发育的影响 [J]. 水生生物学报, 2014, 38(3): 540-547.]
- [28] Zhao Y Y, Zhao J R, Hu Z C, et al. The effects of different baits on the growth and activities of the digestive tract and enzyme of the larvae and juvenile *Gobiocypris rarus* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2018, 42(1): 115-122. [赵月月, 赵健蓉, 胡佐灿, 等. 不同饵料对稀有鮡鲫仔稚鱼生长、消化道及消化酶的影响 [J]. 水生生物学报, 2018, 42(1): 115-122.]
- [29] Xu Z K, Zhang R S. Studies on naupliar growth and survivorship of three species of *Artemia* during starvation [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1992, 12(1): 68-73. [徐振康, 张闰生. 饥饿状态下3种卤虫生长和存活情况的研究 [J]. 生态学报, 1992, 12(1): 68-73.]
- [30] Wang R, Zhang R S. Effects of temperature and salinity on the biological character of *Artemia* strains [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1995, 15(2): 214-220. [王睿, 张闰生. 温度和盐度对卤虫生物学特性的影响 [J]. 生态学报, 1995, 15(2): 214-220.]
- [31] Naceur H B, Jenhani A B R, Romdhane M S. Impacts of salinity, temperature, and pH on the morphology of *Artemia salina* (Branchiopoda: Anostraca) from Tunisia

- [J]. *Zoological Studies*, 2012, **51**(4): 453-462.
- [32] Linden A V d, Vankerckhoven I, Caubergs R, *et al.* Action spectroscopy of light-induced hatching of *Artemia* cysts (Branchiopoda: Crustacea) [J]. *Marine Biology*, 1986, **91**(2): 239-243.
- [33] Sorgeloos P. First report on the triggering effect of light on the hatching mechanism of *Artemia salina* dry cysts [J]. *Marine Biology*, 1973, **22**(1): 75-76.
- [34] Vanhaecke P, Cooreman A, Sorgeloos P. International study on *Artemia*. XV. Effect of light intensity on hatching rate of *Artemia* cysts from different geographical origin [J]. *Marine Ecology Progress Series*, 1981, **5**(1): 111-114.
- [35] Zheng M P, Liu X F. Hydrochemistry and minerals assemblages of salt lake in the Qinghai-Tibet plateau [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2010, **84**(11): 1585-1600. [郑绵平, 刘喜方. 青藏高原盐湖水化学及其矿物组合特征 [J]. *地质学报*, 2010, **84**(11): 1585-1600.]
- [36] Tang Y, Yu S S, Liu Q. A preliminary study on the hydrochemical characteristics of salt lakes in Tibet [J]. *Journal of Salt Lake Research*, 1981(Z1): 20-32. [唐渊, 于升松, 刘青. 西藏盐湖水化学特征的初步研究 [J]. *盐湖科技资料*, 1981(Z1): 20-32.]
- [37] Busa W B, Crowe J H. Intracellular pH regulates transitions between dormancy and development of brine shrimp (*Artemia salina*) embryos [J]. *Science*, 1983, **221**(4608): 366-368.
- [38] Lo Nostro P, Ninham B W, Carretti E, *et al.* Specification effects in *Artemia salina* [J]. *Chemosphere*, 2015 (135): 335-340.
- [39] Macrae T H, Pandey A S. Effects of metals on early life stages of the brine shrimp, *Artemia*: A developmental toxicity assay [J]. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 1991, **20**(2): 247-252.
- [40] Lein I, Holmefjord I, Rye M. Effects of temperature on yolk sac larvae of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) [J]. *Aquaculture*, 1997(157): 123-135.
- [41] Martin P, Rancon J, Segura G, *et al.* Experimental study of the influence of photoperiod and temperature on the swimming behaviour of hatchery-reared Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts [J]. *Aquaculture*, 2012(362-363): 200-208.

## ANALYZING SURVIVAL FACTORS OF NAUPLII IN FRESHWATER ON *ARTEMIA* IN TIBET AUTONOMOUS REGION, CHINA

PAN Zheng-Jun, AN Ran, XU Yan-Ting, XIAO Xin, WANG Qiong, XU Fang-Fang and DU Yi-Dong

(Jiangsu Engineering Laboratory for Breeding of Special Aquatic Organisms, School of Life Sciences, Huaiyin Normal University, Huai'an 223300, China)

**Abstract:** *Artemia* is an important living bait in Tibet Autonomous Region, China, which has been widely used in aquaculture and breeding practice. The survival time of nauplii in freshwater affects the utilization rate of feeding. This study explored the effects of different sodium salts on hatching rates and survival time of nauplii in freshwater. The nauplii survival time of *Artemia* in Tibet in freshwater under different NaCl contents, incubation pH and freshwater temperatures were analyzed, and the 50% and 100% of nauplii mortalities in freshwater were recorded to provide reference for breeding practice. The results indicated that different sodium salts significantly affected the hatching rate of *Artemia* in Tibet with the highest hatching rate in Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> group was significantly higher than that in NaCl group ( $P < 0.05$ ), the lowest hatching rate in Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> was significantly lower than that in NaCl group ( $P < 0.01$ ), and no significant difference among other groups ( $P > 0.05$ ). The survival time of nauplii hatched in the NaCl group was the longest with a 50% survival time of 13 hours, while the survival time of nauplii hatched in the Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> group was shorter than that in NaCl group ( $P < 0.05$ ). The lowest survival time of nauplii was the Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> group, and both Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> and NaNO<sub>3</sub> groups had lower hatching rate than that in NaCl. The mortality of nauplii hatched in Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> was the fastest among all groups. These results indicated no correlation between hatching rate and survival rate. As the hatching salinity increases, the survival time of nauplii in freshwater gradually prolonged and reached the longest at the salinity of 35‰, but when the hatching salinity reached 40‰, the survival time began to decrease. As pH increases from 6.5 to 8.0, the survival time of nauplii increased and reached the longest at pH=8.0, and then the survival time gradually decreased when incubation pH continued to increase. 50% survival time of nauplii was only 3.54h at pH 10.0 with the highest mortality. The 50% survival time of nauplii incubated in pH8.0 was prolonged compared with other groups ( $P < 0.05$ ). The 50% death time of nauplii in freshwater at 5°C was 18.54h, which was significantly longer than that in the 15°C group. When the water temperature was  $\geq 20^\circ\text{C}$ , the 50% survival time in all groups decreased significantly than that in the 15°C group ( $P < 0.05$ ). These results indicated that sodium salt, salinity, incubation pH, and freshwater temperature have significant effects on the nauplii survival time in freshwater of *Artemia* in Tibet Autonomous Region.

**Key words:** *Artemia* in Tibet; Survival time in freshwater; Hatching rate; Influencing factors