

运输密度和时间对黑尾近红皮质醇、乳酸、糖元含量的影响

李佩 陈见 余登航 李清 王贵英 魏辉杰 孙仁利 王守荣 孙艳红

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

LI Pei, CHEN Jian, YU Deng-Hang, LI Qing, WANG Gui-Ying, WEI Hui-Jie, SUN Ren-Li, WANG Shou-Rong, SUN Yan-Hong

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.7541/2020.050>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

运输过程中水质和鱼类生理指标的变化及运输控制策略

WATER QUALITY CHANGES AND PHYSIOLOGICAL RESPONSES DURING LIVE FISH TRANSPORT AND MEASURES TO REDUCE TRANSPORT-RELATED STRESS: A REVIEW

水生生物学报. 2018, 42(2): 439-450 <https://doi.org/10.7541/2018.056>

丁香油在鳊模拟保活运输中的效果

STUDY OF THE EFFECT OF CLOVE OIL ON THE SIMULATED TRANSPORT OF LIVE BREAM

水生生物学报. 2020, 44(2): 407-414 <https://doi.org/10.7541/2020.049>

模拟运输对异育银鲫血液生理生化指标、体色和肉质的影响

EFFECTS OF SIMULATIVE TRANSPORTATION ON THE PLASMA BIOCHEMICAL INDICES, BODY COLOR AND FILLET QUALITY OF GIBEL CARP

水生生物学报. 2019, 43(1): 86-93 <https://doi.org/10.7541/2019.011>

氨氮降解菌的筛选、鉴定与复合菌水质调控效果研究

SCREENING AND IDENTIFICATION OF DEGREADING AMMONIA-NITROGEN BACTERIA AND ITS EFFECT ON WATER QUALITY CONTROL

水生生物学报. 2019, 43(4): 875-883 <https://doi.org/10.7541/2019.104>

氨氮对鱼类毒性的影响因子及气呼吸型鱼类耐氨策略

IMPACT FACTORS OF AMMONIA TOXICITY AND STRATEGIES FOR AMMONIA TOLERANCE IN AIR-BREATHING FISH: A REVIEW

水生生物学报. 2017, 41(5): 1157-1168 <https://doi.org/10.7541/2017.144>

氨氮对中华小长臂虾的急性毒性及非特异性免疫指标的影响

水生生物学报. 2017, 41(3): 516-522 <https://doi.org/10.7541/2017.66>



关注微信公众号，获得更多资讯信息

doi: 10.7541/2020.050

## 运输密度和时间对黑尾近红鲃皮质醇、乳酸、糖元含量的影响

李佩<sup>1</sup> 陈见<sup>1</sup> 余登航<sup>2</sup> 李清<sup>1</sup> 王贵英<sup>1</sup> 魏辉杰<sup>1</sup>  
孙仁利<sup>1</sup> 王守荣<sup>1</sup> 孙艳红<sup>1</sup>

(1. 武汉市农业科学院水产研究所, 武汉 430207; 2. 武汉轻工大学动物科学与营养工程学院, 武汉 430023)

**摘要:** 为了确定黑尾近红鲃仔稚鱼的适宜运输密度, 实验选取平均体长为(27.08±3.09) mm、平均体质量为(0.11±0.04) g的黑尾近红鲃仔稚鱼作为实验对象, 采用氧气袋运输, 研究了不同运输密度(20、40和80 g/L)下2h、4h、6h、8h和10h后黑尾近红鲃全鱼皮质醇、乳酸、糖元含量及氧气袋内水质的变化。结果显示: 运输后各组黑尾近红鲃的平均存活率均在99%以上, 但不同密度之间差异显著( $P<0.05$ ); 各组水体总氨氮浓度均随运输时间显著升高, 而水体pH均随运输时间显著降低, 且不同运输密度间差异显著( $P<0.05$ ); 低密度组水体DO浓度(14.20—20.93 mg/L)在不同运输时间均显著高于高密度组(2.42—2.88 mg/L;  $P<0.05$ )。各组全鱼皮质醇含量均呈现出先升高后降低的趋势, 运输4h和6h时显著高于其它运输时间( $P<0.05$ ), 且不同运输密度间差异显著( $P<0.05$ ); 各组全鱼乳酸含量均随着运输时间显著升高( $P<0.05$ ), 但不同密度之间无显著差异( $P>0.05$ ); 各组全鱼糖元含量在运输2h时显著降低( $P<0.05$ ), 但此后维持在稳定水平( $P>0.05$ )。运输密度和时间对黑尾近红鲃鱼苗的全鱼皮质醇、存活率、水体总氨氮和溶解氧的影响存在显著交互作用。

**关键词:** 黑尾近红鲃; 运输密度; 运输时间; 皮质醇; 糖元; 乳酸; 氨氮; 溶氧

**中图分类号:** S981.1      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-3207(2020)02-0415-08

黑尾近红鲃(*Ancherythroculter nigrocauda* Yih et Wu), 又名黑尾鲃、高尖等, 隶属鲤形目、鲤科、鲃亚科、近红鲃属, 是我国长江上游特有鱼类, 自然分布于四川、湖北等长江上游干支流, 具有较高经济价值, 随着生存环境变化和酷捕滥渔, 黑尾近红鲃自然资源日趋减少, 且小型化严重, 其种质资源趋于退化<sup>[1-3]</sup>。武汉市农业科学院水产研究所自2002年起开展黑尾近红鲃的生物学、苗种繁育和池塘养殖技术研究并进行推广养殖, 取得了一系列研究成果<sup>[4-7]</sup>。

鱼类苗种的氧气袋运输方式具有用水量少、成活率高等优点, 目前黑尾近红鲃苗种的长短途运输多采用此种方法。但在运输过程中, 合理的运输密度是保持良好的水质条件、降低鱼类应激水平和提高存活率的重要因素<sup>[8-10]</sup>。皮质醇的变化可以作为鱼类应激状态下的重要指标, 鱼类在应激状

态下会导致皮质醇含量显著上升, 而乳酸和糖元的含量也会随应激程度的不同而呈现出规律性的变化, 已被广泛用作研究分析机体应激反应程度的重要指标<sup>[11-15]</sup>。

本实验旨在研究运输过程中, 不同运输密度及运输时间对水体的氨氮、溶氧、pH的影响, 以及黑尾近红鲃全鱼皮质醇、乳酸和糖元的变化情况, 以期获得合理的苗种运输密度, 为实际生产提供理论依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 实验材料

实验用黑尾近红鲃为武汉市农业科学院水产研究所人工培育获得的仔稚鱼, 实验前转至水泥池中人工驯养7d, 实验前1d停食并拉网锻炼。选取规格相近的仔稚鱼作为实验对象, 平均体长为(27.08±

收稿日期: 2019-01-28; 修订日期: 2019-08-14

基金项目: 湖北省技术创新专项(2018ABA105); 武汉市黄鹤英才计划(武人才办[2014]8号, 序号19)资助 [Supported by the Hubei Scientific and Technological Program (2018ABA105); Yellow Crane Talent Plan (Talent Working Leading Group of CPC Wuhan Committee [2014] No. 8, No. 19)]

作者简介: 李佩(1986—), 男, 湖北枣阳人; 硕士; 主要从事鱼类增殖养殖研究。E-mail: garfieldp@163.com

通信作者: 孙艳红(1982—), 女, 山东淄博人; 博士; 主要从事鱼类遗传育种研究。E-mail: sunyanhong0830@126.com

3.09) mm、平均体质量为(0.11±0.04) g。实验用水为实验鱼驯养所用池塘水,水温(27.97±0.24)℃,pH(7.66±0.03),DO(6.49±0.40) mg/L,总氨氮浓度(0.36±0.12) mg/L。运输用氧气袋为25 cm×50 cm聚乙烯尼龙袋。

## 1.2 实验设计

采用双层聚乙烯尼龙袋充氧密封法运输<sup>[16]</sup>,每袋放入占尼龙袋有效容积三分之一的池塘水(约1.5 L),放入鱼后充纯氧至尼龙袋膨胀且平放后不变形为度,并用橡皮筋捆扎后放入泡沫盒,采用车辆不间断运输10h。采用3×5双因素实验,运输密度为20、40和80 g/L,运输时间为2h、4h、6h、8h和10h。共15个处理组,每个处理组3个重复。

## 1.3 样品采集与分析

运输开始前,即在0时随机选取黑尾近红鲃10尾作为初样品。在2h、4h、6h、8h和10h时,取相应处理组,测定水质指标并采集样品鱼。在打开氧气袋时,立即采用HACH HQ40d便携式水质分析仪测定水体水温、DO及pH,并保存500 mL水样用于测定总氨氮。各处理组均随机选取10尾鱼并迅速放入液氮保存,用于测定全鱼皮质醇、乳酸及糖元含量。

检测样品鱼时在冰浴条件下加10倍于样品量的磷酸缓冲液(PBS)后用匀浆器将样本匀浆充分,离心5min(5000 r/min)收集上清待测。全鱼组织皮质醇含量采用鱼类皮质醇ELISA试剂盒(CUSA-BIO公司)测定、乳酸及糖元含量采用南京建成生物工程研究所的试剂盒测定。氨氮采用纳氏试剂分光光度法进行测定<sup>[17]</sup>。

测定各处理组鱼的体长和体重( $n=30$ ),并将每组取样剩余的鱼转入独立网箱(1 m<sup>3</sup>)中观察24h,记录死亡数。

## 1.4 数据处理与分析

实验数据均以平均值±标准差(Mean±SD)表示,经Excel2010处理后,以运输密度和运输时间作为自变量,采用SPSS19.0软件进行双因素方差分析(Two-way ANOVA),同时固定其中一个因素的水平,做另外一个因素的单因素方差分析,Duncan氏法比较差异显著性,显著水平 $P<0.05$ 。

## 2 结果

### 2.1 运输后各处理组黑尾近红鲃的存活率

密度和时间双因素对运输后黑尾近红鲃仔稚鱼的存活率具有显著交互作用( $P<0.05$ ,表1)。在运输4h后,20 g/L密度组的存活率显著高于40和80 g/L密度组,但各密度组的存活率均保持在99.00%

表1 双因素方差分析运输密度和运输时间对黑尾近红鲃皮质醇、乳酸、糖元含量及氧气袋内水质的影响

Tab. 1 Summary of two-way ANOVA results of effects of density and time on cortisol, lactate and glycogen content and water quality

变异来源Source	自由度df	均方Ms	F	P
24h存活率24h livability				
密度Density	2	0.977	5110.965	0.000
时间Time	4	0.557	2913.971	0.000
密度×时间Density×Time	8	0.066	343.669	0.000
误差Error	30	0.000		
总氨氮Total ammonia nitrogen				
密度Density	2	1249.470	3143.821	0.000
时间Time	4	317.220	798.166	0.000
密度×时间Density×Time	8	45.346	114.096	0.000
误差Error	30	0.397		
溶氧Dissolved oxygen				
密度Density	2	1361.445	10005.068	0.000
时间Time	4	5.372	39.479	0.000
密度×时间Density×Time	8	4.194	30.818	0.000
误差Error	30	0.136		
pH				
密度Density	2	0.820	1066.275	0.000
时间Time	4	0.051	66.202	0.000
密度×时间Density×Time	8	0.001	0.935	0.503
误差Error	30	0.001		
皮质醇Cortisol				
密度Density	2	1012.214	61.126	0.000
时间Time	4	2767.397	167.118	0.000
密度×时间Density×Time	8	261.049	15.764	0.000
误差Error	30	16.560		
乳酸Lactate				
密度Density	2	0.254	2.487	0.100
时间Time	4	2.896	28.409	0.000
密度×时间Density×Time	8	0.013	0.126	0.998
误差Error	30	0.102		
糖元Glycogen				
密度Density	2	0.039	5.494	0.009
时间Time	4	0.006	0.810	0.529
密度×时间Density×Time	8	0.011	1.486	0.204
误差Error	30	0.007		

以上(图1)。

### 2.2 运输后各处理组水体总氨氮浓度、DO浓度及pH

密度和时间双因素对运输后氧气袋水体的总氨氮浓度具有显著交互作用( $P<0.05$ ,表1)。随着运输时间的延长,各处理组水体总氨氮浓度均不断升高,且20 g/L密度组的总氨氮浓度显著低于40和

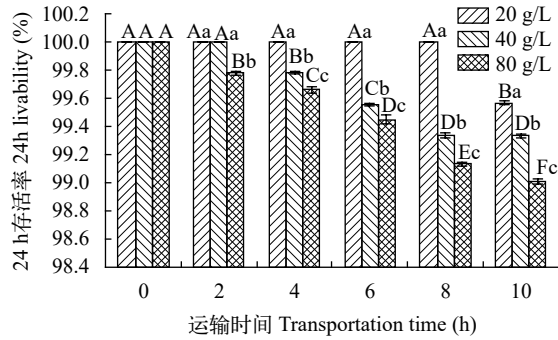


图1 运输结束后黑尾近红鲈幼鱼的存活率

Fig. 1 Survival rate of *Ancherythroculter nigrocauda* after transportation

不同小写字母表示同一时间不同密度组之间有显著性差异 ( $P < 0.05$ ); 不同大写字母表示同一密度不同运输时间之间有显著性差异 ( $P < 0.05$ ); 下同

Bars with different lowercase letters at the same time point denote significant differences at  $P < 0.05$ ; Bars with different capital letters at the same density denote significant differences at  $P < 0.05$ ; The same applies below

80 g/L密度组(图 2A)。

密度和时间双因素对运输后氧气袋水体的DO浓度具有显著交互作用 ( $P < 0.05$ , 表 1)。20和40 g/L密度组的水体DO在不同运输时间后均维持在14 mg/L以上的较高水平, 80 g/L密度组的水体DO在不同运输时间均处于5 mg/L以下的较低水平(图 2B)。

密度和时间双因素对运输后氧气袋水体的pH无显著交互作用 ( $P > 0.05$ , 表 1)。随着运输时间的延长, 各处理组水体pH均不断降低, 且20 g/L密度组的pH显著高于40和80 g/L密度组 ( $P < 0.05$ , 图 2C)。

### 2.3 运输后各处理组黑尾近红鲈全鱼皮质醇、乳酸及糖元含量

密度和时间双因素对运输后黑尾近红鲈的全鱼皮质醇含量具有显著交互作用 ( $P < 0.05$ , 表 1)。在运输过程中, 不同密度处理组的全鱼皮质醇含量均显著升高, 在6h后出现降低, 但仍远高于运输前的水平 ( $P < 0.05$ )。且在运输2h、4h、6h后, 40和80 g/L密度组的皮质醇含量显著高于20 g/L密度组 ( $P < 0.05$ , 图 3A)。

密度和时间双因素对运输后黑尾近红鲈的全鱼乳酸含量无显著交互作用 ( $P > 0.05$ ), 且影响运输过程中鱼体乳酸含量的主要因素为运输时间(表 1)。在运输过程中, 不同密度处理组的全鱼乳酸含量均显著升高, 显著高于运输前的含量 ( $P < 0.05$ ), 但在同一运输时间的不同密度组之间无显著差异 ( $P > 0.05$ , 图 3B)。

密度和时间双因素对运输后黑尾近红鲈的全

鱼糖元含量无显著交互作用 ( $P > 0.05$ ), 且影响运输过程中鱼体糖元含量的主要因素为运输密度(表 1)。在运输2h后, 不同密度处理组的全鱼糖元含量较运输前均显著降低 ( $P < 0.05$ ), 之后均维持在稳定的水平。运输2h后不同密度组的全鱼糖元含量具有显著差异 ( $P < 0.05$ ), 但在4—10h运输时间下的不同密度组之间无显著差异 ( $P > 0.05$ , 图 3C)。

## 3 讨论

### 3.1 运输时间和密度对氧气袋内水质的影响

采用塑料袋充氧方式运输鱼苗, 袋内水体的水质状况是影响运输后鱼苗存活率及健康程度的重要因素之一, 主要包括氨氮、溶氧和pH等<sup>[18-20]</sup>。

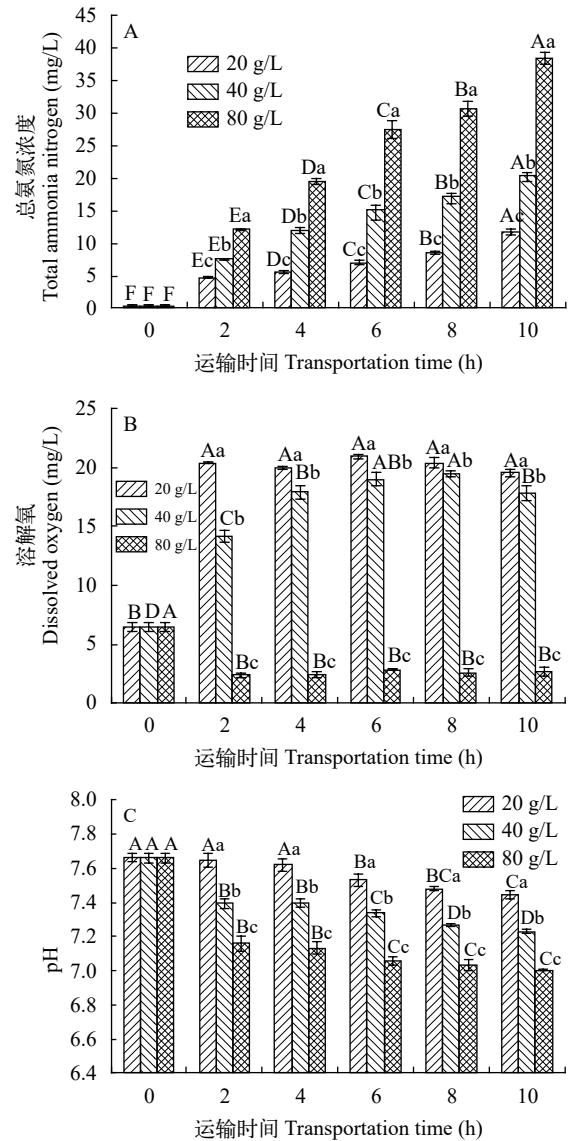


图2 运输后各处理组水体总氨氮、溶解氧及pH

Fig. 2 Total ammonia nitrogen, DO and pH of water after transportation

本研究发现在采用氧气袋运输黑尾近红鲃仔稚鱼时,鱼体的新陈代谢会排出大量非离子氨,从而导致袋内水体的总氨氮浓度急剧升高,高密度运输10h后甚至可以达到 $(38.50 \pm 0.93)$  mg/L,且水体氨氮浓度的差异主要由运输密度的不同所导致。对异育银鲫(*Carassius auratus gibelio*)<sup>[21]</sup>、翘嘴鲃(*Culter alburnus*)<sup>[8]</sup>、大黄鱼(*Larimichthys crocea*)<sup>[9]</sup>、银鲢(*Rhamdia quelen*)<sup>[22]</sup>的模拟运输研究实验也均发现水体总氨氮浓度随着运输时间和密度的增加显著上升。研究表明,在相似水温下总氨氮对杂交鲃“先锋1号”[*Erythroculter ilishaeformis*(♀)×*Anchery-*

*throculter nigrocauda* (♂) hybrid  $F_1$ ]仔稚鱼的24h  $LC_{50}$ 为54.84 mg/L<sup>[23]</sup>,对不同溶氧条件下黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)幼鱼的24h  $LC_{50}$ 为(112.25—295.58) mg/L<sup>[24]</sup>。在本实验中,10h运输后水体总氨氮浓度为 $(38.50 \pm 0.93)$  mg/L,理论上应处于黑尾近红鲃可耐受范围内。

在不同运输时间后,袋内水体溶氧浓度表现出极大的差异,中低密度实验组显著高于高密度组。在运输过程中水体振荡,将袋内的氧气更多地溶解到水体中,造成中低密度下水体溶氧浓度保持在14.42—20.93 mg/L,但较高运输密度下鱼体的呼吸作用导致80 g/L的运输密度组的溶氧仅能维持在2.42—2.88 mg/L。这表明在80 g/L的运输密度下,鱼体对水体溶氧的消耗速度高于袋内氧气溶解的速度。对翘嘴鲃的运输实验表明运输胁迫会导致其的耗氧率显著升高,且随密度的增加而增大<sup>[8]</sup>。相关研究表明,不同规格黑尾近红鲃幼鱼的平均窒息点为0.40 mg/L左右,这也是80 g/L运输密度下黑尾近红鲃仔稚鱼没有出现缺氧窒息原因<sup>[25]</sup>。

在本实验中,各组的水体pH均随运输时间显著降低,80 g/L组在10h后降低至 $7.00 \pm 0.01$ 。相关研究表明,在运输胁迫下鱼类代谢速率等加快,CO<sub>2</sub>等代谢产物也随之增加并迅速溶于水,降低水体pH<sup>[26-29]</sup>。由于水体氨氮的毒性,即分子氨的浓度与pH密切相关,较低的pH也是黑尾近红鲃仔稚鱼能够耐受较高的总氨氮浓度的因素之一。我国主要养殖鱼类对水的pH变化有较大的适应能力,适应pH为4.6—10.2,适宜的pH为7—9,若长期生活在pH 6.0和10.0的水中,生长则会受到抑制<sup>[30]</sup>。在pH低于6.5的时候,会对仔鱼的生长造成不利影响<sup>[31]</sup>。

### 3.2 运输时间和密度对黑尾近红鲃全鱼皮质醇、乳酸及糖元含量的影响

皮质醇是鱼体在受到外界环境刺激后所分泌的一种重要应激激素,皮质醇的变化可以有效地反映其应激程度<sup>[32]</sup>,相关研究表明<sup>[13, 33, 34]</sup>,运输胁迫会导致鱼类的皮质醇含量显著升高。本实验表明不同运输密度下黑尾近红鲃仔稚鱼的全鱼皮质醇含量在运输中均不断升高,并在6h时达到最高。在运输的后期,可能由于鱼体对环境的适应,皮质醇含量出现了降低,但仍显著高于运输前的水平。据认为较高的密度,即拥挤胁迫也会导致鱼类产生应激反应,造成皮质醇激素含量的升高,急性拥挤胁迫导致鲤的血液皮质醇浓度由对照组的18.6 ng/mL升高至302.3 ng/mL;实验前草鱼血浆平均皮质醇浓度为6.23 ng/mL,而在受到拥挤胁迫后最高达到超过100 ng/mL<sup>[35, 36]</sup>。本实验同样显示80 g/L运输密

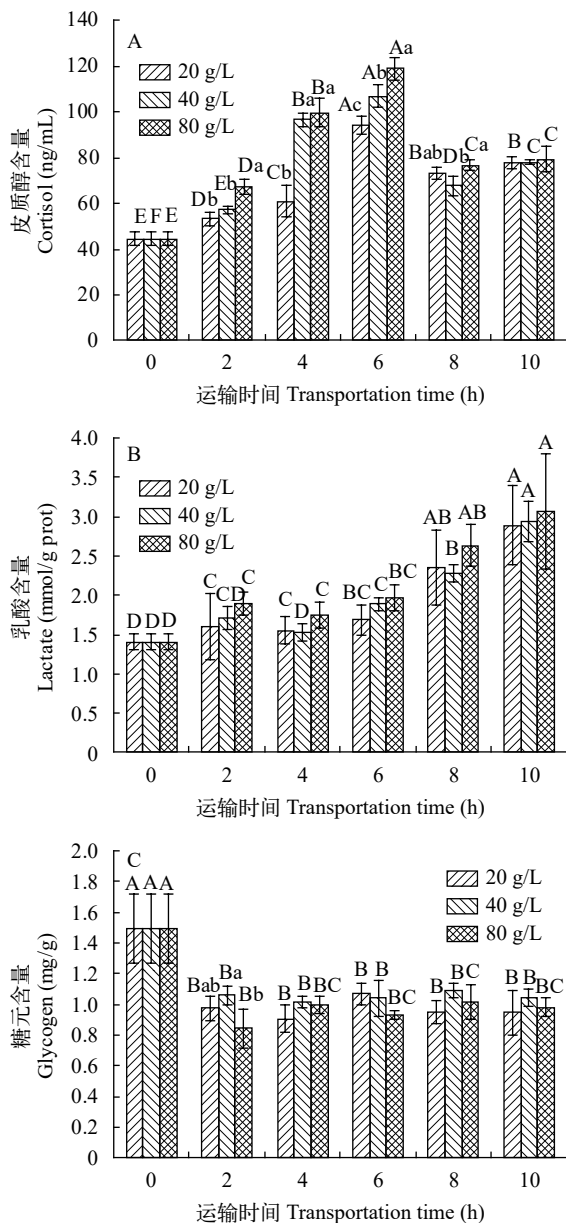


图3 运输后各处理组全鱼皮质醇、乳酸及糖元含量

Fig. 3 Concentrations of cortisol, lactate and glycogen of *Ancherythroculter nigrocauda* after transportation

度下全鱼皮质醇的含量显著高于较低的运输密度。同时运输时受到的应激也会导致鱼类体内皮质醇含量的升高, 相关研究发现在运输4h的时候不同种类鱼类的血浆皮质醇浓度均增加0.5倍至4.0倍<sup>[37]</sup>。对斑马鱼(*Danio rerio*)的运输实验发现在运输开始后全鱼皮质醇的含量迅速增加了10余倍<sup>[38]</sup>。在本实验中, 不同运输密度下黑尾近红鲌的全鱼皮质醇含量在运输6h时较运输前(44.50±3.11) ng/mL增加了1.12倍至1.67倍。

鱼体的乳酸主要是由肌肉在供氧不足的情况下, 通过糖酵解产生。水体溶氧含量低、鱼体剧烈运动等都可导致鱼体乳酸含量升高<sup>[39]</sup>。对大鳞大麻哈鱼(*Oncorhynchus tshawytscha*)的研究中也发现, 运输胁迫会导致鱼体组织中乳酸含量的升高<sup>[40]</sup>。在本实验中, 不同运输密度下黑尾近红鲌的全鱼乳酸含量均随着运输时间的延长而出现明显升高, 但并不受运输密度的影响, 这表明其乳酸含量的升高主要由运输中的持续剧烈运动导致。相关运输实验表明, 大黄鱼运输前全鱼乳酸含量为0.57 mmol/g, 而运输后各密度组升高至1.21—2.02 mmol/g<sup>[9]</sup>; 翘嘴鲌全鱼乳酸含量从运输前的1.50 mmol/g左右升高至运输后的3.00 mmol/g<sup>[41]</sup>。在本实验中, 不同运输密度下黑尾近红鲌的全鱼乳酸含量由运输前的1.41 mmol/g升高至至运输10h时的2.89—3.07 mmol/g。

糖元是由葡萄糖结合而成的支链多糖, 是动物体内糖的储存形式, 机体通过对糖元的分解来维持血糖浓度的相对稳定<sup>[35]</sup>。在本实验中, 黑尾近红鲌仔稚鱼全鱼的糖元含量除了显著低于运输前之外, 不同运输时间和运输密度并未对其造成显著影响。相关研究<sup>[36—38]</sup>表明, 环境胁迫如饥饿、运输、密度、温度、低氧等均会导致鱼体肝糖元和肌糖元的降低, 据此认为鱼类在胁迫状态下会促进糖元异生向机体供能。鱼类糖元主要贮存在肝脏和肌肉组织中, 对刀鲚(*Coilia nasus*)的研究表明在28℃下其肝脏组织和肌肉组织中糖元含量分别为2.0和0.2 mg/g<sup>[46]</sup>; 在相同水温下银鲌(*Pampus argenteus*)肝脏和肌肉组织中糖元含量分别为1.26—2.39和0.24—0.37 mg/g<sup>[47]</sup>; 在不同运输密度和盐度下大黄鱼幼鱼全鱼的糖元含量由运输前的4.37 mg/g降低至运输后的1.5—2.0 mg/g<sup>[9]</sup>。在本实验中, 在不同运输密度下黑尾近红鲌全鱼的糖元含量由运输前的1.50 mg/g降低至运输后的0.85—1.09 mg/g。

## 4 结论

运输密度和时间对黑尾近红鲌仔稚鱼的全鱼皮质醇、存活率、水体总氮和溶解氧产生了显

著的影响, 且存在显著交互作用。但无论是高密度组还是低密度组的平均死亡率都在1%以下, 说明了黑尾近红鲌仔稚鱼对运输胁迫具有一定的抗逆性。采用本实验的运输条件, 在运输10h的情况下, 黑尾近红鲌仔稚鱼可以承受80 g/L的运输密度所带来的应激反应, 且不会引起运输后仔稚鱼发生大量死亡, 但80 g/L的运输密度会导致氧气袋内水体水质严重恶化, 溶氧极低且氨氮浓度极高, 存较大风险。综合考虑实际操作中的运输成本等因素, 黑尾近红鲌仔稚鱼的运输密度以40 g/L较为安全; 但在运输时间不超过10h或采取空运方式时, 可适当增大运输密度以节约成本。

## 参考文献:

- [1] Fish Research Laboratory, Institute of Hydrobiology of Hubei Province. Fishes in Yangtze River [M]. Beijing: Science Press, 1976: 115-116. [湖北省水生生物研究所鱼类研究室. 长江鱼类 [M]. 北京: 科学出版社, 1976: 115-116.]
- [2] Liu J K, Cao W X. Fish resources of the Yangtze River basin and the tactics for their conservation [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Valley*, 1992, 1(1): 1-7. [刘建康, 曹文宣. 长江流域的鱼类资源及其保护对策 [J]. *长江流域资源与环境*, 1992, 1(1): 1-7.]
- [3] Tan D Q, Wang J W, Dan S G. The ratio of flesh to body and analysis on nutritive composition of muscle in *Ancherythroculter nigrocauda* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2004, 28(3): 240-246. [谭德清, 王剑伟, 但胜国. 黑尾近红鲌含肉率及肌肉营养成分分析 [J]. *水生生物学报*, 2004, 28(3): 240-246.]
- [4] Bai X H, Wang G Y, Xiong C X. Comparison of digestive enzyme activity in different age of *Ancherythroculter nigrocauda* [J]. *Freshwater Fisheries*, 2007, 37(3): 30-33. [白晓慧, 王贵英, 熊传喜. 不同年龄黑尾近红鲌消化酶活性比较 [J]. *淡水渔业*, 2007, 37(3): 30-33.]
- [5] Chen J, Li Q, Wang G Y, et al. Analysis of the hybrid F<sub>1</sub> between *Erythroculter ilishaeformis*♀×*Ancherythroculter nigrocauda*♂ by AFLP marker technique [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2014, 38(5): 891-896. [陈见, 李清, 王贵英, 等. 翘嘴红鲌(♀)×黑尾近红鲌(♂)杂种F<sub>1</sub>的AFLP分析 [J]. *水生生物学报*, 2014, 38(5): 891-896.]
- [6] Chen J, Li Q, Wang G Y, et al. Study on the tissue specificity of three kinds of isozymes in *Ancherythroculter nigrocauda* [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2015, 43(29): 49-51. [陈见, 李清, 王贵英, 等. 黑尾近红鲌3种同工酶的组织特异性研究 [J]. *安徽农业科学*, 2015, 43(29): 49-51.]
- [7] Wang G Y, Zhang H, Li Q, et al. Preservation of sperm from *Ancherythroculter nigrocauda* at low temperature and its application [J]. *Freshwater Fisheries*, 2016, 46(6):

- 3-7. [王贵英, 张涵, 李清, 等. 黑尾近红鲌精子低温保存方法研究与应用 [J]. *淡水渔业*, 2016, **46**(6): 3-7.]
- [8] Hu P P, Liu R P, Zhao Z B, *et al.* Effects of transportation time and density on whole-body cortisol concentrations, oxygen consumption rate and water quality of juvenile topmouth culter, *Culter alburnus* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2014, **38**(6): 1190-1194. [胡培培, 刘汝鹏, 赵忠波, 等. 运输时间和密度对翘嘴鲌皮质醇、耗氧率及氧气袋内水质的影响 [J]. *水生生物学报*, 2014, **38**(6): 1190-1194.]
- [9] Zhang W, Wang Y G, Li W M, *et al.* Effects of transportation density and salinity on cortisol, glycogen and lactate of large yellow croaker (*Larimichthys crocea*) juveniles [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2014, **38**(7): 973-980. [张伟, 王有基, 李伟明, 等. 运输密度和盐度对大黄花鱼幼鱼皮质醇、糖元及乳酸含量的影响 [J]. *水产学报*, 2014, **38**(7): 973-980.]
- [10] Zhu J K, Yang Z W, Ding L, *et al.* Proper density and temperature for living transportation of *Pagrosomus major* and *Hapalogenys nitens* [J]. *Fishery Modernization*, 2010, **37**(5): 1-3. [朱健康, 杨章武, 丁兰, 等. 真鲷和斜带髯鲷活鱼运输的适宜密度和水温 [J]. *渔业现代化*, 2010, **37**(5): 1-3.]
- [11] Li A H. Effects of crowding stress on plasma cortisol, glucose and liver ascorbic acid in grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1997, (21): 384-386. [李爱华. 拥挤胁迫对草鱼血浆皮质醇、血糖及肝脏中抗坏血酸含量的影响 [J]. *水生生物学报*, 1997, (21): 384-386.]
- [12] Liu X L, Yan A S. Recovery of earth-pond-reared *Pelteobagrus fulvidraco* from transport stress in acclimatization of laboratory system [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2006, **30**(4): 495-501. [刘小玲, 严安生. 池养黄颡鱼运输应激后在实验循环系统中的恢复和适应过程 [J]. *水产学报*, 2006, **30**(4): 495-501.]
- [13] Sulikowski J A, Fairchild E A, Rennels N, *et al.* The effects of transport density on cortisol levels in juvenile winter flounder, *Pseudopleuronectes americanus* [J]. *Journal of the World Aquaculture Society*, 2006, **37**(1): 107-112.
- [14] Nomura M, Sloman K A, Von Keyserlingkm A G, *et al.* Physiology and behaviour of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts during commercial land and sea transport [J]. *Physiology & Behavior*, 2009, (96): 233-243.
- [15] Xu G C, Du F K, Nie Z J, *et al.* Effects of 10‰ salinity to the plasma osmotic pressure, cortisol, glucose and liver glycogen in *Colilia nasus* stressed during loading and transportation [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2015, **39**(1): 66-72. [徐钢春, 杜富宽, 聂志娟, 等. 10‰盐度对长江刀鲚幼鱼装载和运输胁迫中应激指标的影响 [J]. *水生生物学报*, 2015, **39**(1): 66-72.]
- [16] SC/T 1075—2006, General specification for transportation of fry and fingerling [S]. [SC/T 1075-2006, 鱼苗、鱼种运输通用技术要求.]
- [17] State Environmental Protection Administration of China. Determination methods for Examination of Water and Wastewater [M]. Beijing: China Environmental Science Press, 2002: 279-280. [国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法(第四版) [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002: 279-280.]
- [18] Harmon T S. Methods for reducing stressors and maintaining water quality associated with live fish transport in tanks: a review of the basics [J]. *Aquaculture*, 2009, **1**(1): 58-66.
- [19] Portz D E, Woodley C M, Jr Cech J J. Stress-associated impacts of short-term holding on fishes [J]. *Reviews Fish Biology and Fisheries*, 2006, **16**(2): 125-170.
- [20] Randall D J, Tsui T K N. Ammonia toxicity in fish [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2002(45): 17-23.
- [21] Zhang Y P, Liu H K, Jin J Y, *et al.* Effects of simulative transportation on the plasma biochemical indices, body color and fillet quality of gibel carp [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2019, **43**(1): 1-8. [张玉平, 刘昊昆, 金俊琰, 等. 模拟运输对异育银鲫血液生理生化指标、体色和肉质的影响 [J]. *水生生物学报*, 2019, **43**(1): 1-8.]
- [22] Golombieski J I, Silva L V F, Baldisserotto B, *et al.* Transport of silver catfish (*Rhamdia quelen*) fingerlings at different times, load densities, and temperatures [J]. *Aquaculture*, 2003, **216**(1): 95-102.
- [23] Li P, Li Q, Wang G Y, *et al.* The acute toxicity test of ammonia nitrogen and nitrite on *Erythroculter ilishaeformis* (♀)×*Ancherythroculter nigrocauda* (♂) Hybrid F<sub>1</sub> [J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2017, **56**(14): 2728-2730. [李佩, 李清, 王贵英, 等. 氨氮和亚硝酸盐对杂交鲌先锋1号的急性毒性试验 [J]. *湖北农业科学*, 2017, **56**(14): 2728-2730.]
- [24] Li B, Fan Q X, Zhang L, *et al.* Acute toxic effects of ammonia and nitrite on yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*) at different dissolved oxygen levels [J]. *Freshwater Fisheries*, 2009, **39**(3): 31-35. [李波, 樊启学, 张磊, 等. 不同溶氧水平下氨氮和亚硝酸盐对黄颡鱼的急性毒性研究 [J]. *淡水渔业*, 2009, **39**(3): 31-35.]
- [25] Li Q, Wang G Y, Bai X H, *et al.* Studies on oxygen consumption and asphyxiant point of *Ancherythroculter nigrocauda* fingerling [J]. *Freshwater Fisheries*, 2017, **47**(1): 91-96. [李清, 王贵英, 白晓慧, 等. 黑尾近红鲌鱼种耗氧率和窒息点的研究 [J]. *淡水渔业*, 2017, **47**(1): 91-96.]
- [26] Liang Y X. The study on blood and water quality change of grass carp in simulating a line-haul [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2008: 22-24. [梁养贤. 模拟长途运输中草鱼血液和水质变化研究 [D]. 长沙: 湖南农业大学, 2008: 22-24.]
- [27] Moran D, Wells R G, Pether S J. Low stress response exhibited by juvenile yellowtail kingfish (*Seriola lalandi* Valenciennes) exposed to hypercapnic conditions associated with transportation [J]. *Aquaculture Research*,



- 2008, **39**(13): 1399-1407.
- [28] Tang S, Thorarensen H, Brauner C J, *et al.* Modeling the accumulation of CO<sub>2</sub> during high density, re-circulating transport of adult Atlantic salmon, *Salmo salar*, from observations aboard a sea-going commercial live-haul vessel [J]. *Aquaculture*, 2009, **296**(1-2): 102-109.
- [29] Paterson B D, Rimmer M A, Meikle G M, *et al.* Physiological responses of the Asian sea bass, *Lates calcarifer* to water quality deterioration during simulated live transport: acidosis, red-cell swelling, and levels of ions and ammonia in the plasma [J]. *Aquaculture*, 2003, **218**(1-4): 717-728.
- [30] Wang W. Culture and Enhancement of Fish [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000: 16. [王武. 鱼类增殖学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 16.]
- [31] Zhang F Y, Li X F. Effect of acid water on several major freshwater fishes [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1997, **21**(1): 40-48. [张甫英, 李辛夫. 酸性水对几种主要淡水鱼类的影响 [J]. *水生生物学报*, 1997, **21**(1): 40-48.]
- [32] Strange R J, Schreck C B. Anesthetic and handling stress on survival and cortisol concentration in yearling Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) [J]. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 1978(35): 345-349.
- [33] Frisch A J, Anderson T A. The response of coral trout (*Plectropomus leopardus*) to capture, handling and transport and shallow water stress [J]. *Fish Physiology and Biochemistry*, 2000, **23**(1): 23-24.
- [34] Bandeen J, Leatherland J F. Transportation and handling stress of white suckers raised in cages [J]. *Aquaculture International*, 1997, **5**(5): 385-396.
- [35] Li A H. Effects of crowding stress on plasma cortisol, glucose and liver ascorbic acid in Grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1997, **21**(4): 384-386. [李爱华. 拥挤胁迫对草鱼血浆皮质醇、血糖及肝脏中抗坏血酸含量的影响 [J]. *水生生物学报*, 1997, **21**(4): 384-386.]
- [36] Yu M, Fan Q X, Cheng P, *et al.* Effects of acute crowding stress on cortisol and several biochemical indexes in *Cyprinus carpio* serum [J]. *Freshwater Fisheries*, 2008, **38**(4): 20-24. [于淼, 樊启学, 程鹏, 等. 急性拥挤胁迫对鲤血液中皮质醇及几项生化指标的影响 [J]. *淡水渔业*, 2008, **38**(4): 20-24.]
- [37] Zhang Y L, He Y M, Yuan J, *et al.* Water quality changes and physiological responses during live fish transport and measures to reduce transport-related stress: a review [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2018, **42**(2): 439-450. [张云龙, 贺亚蒙, 袁娟, 等. 运输过程中水质和鱼类生理指标的变化及运输控制策略 [J]. *水生生物学报*, 2018, **42**(2): 439-450.]
- [38] Dhanasiri A K S, Fernandes J M O, Kiron V. Liver transcriptome changes in zebrafish during acclimation to transport-associated stress [J]. *PLoS One*, 2013, **8**(6): e65028.
- [39] Olsen Y A, Einarsdottir I E, Nilssen K J. Metomidate anaesthesia in Atlantic salmon, *Salmo salar*, prevents plasma cortisol increase during stress [J]. *Aquaculture*, 1995, **134**(1-2): 155-168.
- [40] Schreck C B, Jonsson L, Feist G, *et al.* Conditioning improves performance of juvenile chinook salmon, *Oncorhynchus tshawytscha*, to transportation stress [J]. *Aquaculture*, 1995, **135**(1-3): 99-110.
- [41] Zhao Z B, Hu P P, Liu R P, *et al.* Effect of transport time and MS-222 concentration on cortisol, lactate levels of juvenile topmouth culter and the water quality indexes in O<sub>2</sub>-aerated bags [J]. *Freshwater Fisheries*, 2016, **46**(2): 94-98. [赵忠波, 胡培培, 刘汝鹏, 等. 运输时间和MS-222浓度对翘嘴鲈皮质醇、乳酸及氧气袋内水质的影响 [J]. *淡水渔业*, 2016, **46**(2): 94-98.]
- [42] Li A J. Aquatic Animal Nutrition and Feed Science [M]. Beijing: China Agricultural Press, 1996: 26-36. [李爱杰. 水产动物营养与饲料学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 26-36.]
- [43] Du H, Wei Q W, Gan F, *et al.* Changes in serum cortisol and blood biochemical parameters after stress in American shad [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2006, **41**(3): 80-84. [杜浩, 危起伟, 甘芳, 等. 美洲鲥应激后皮质醇激素和血液生化指标的变化 [J]. *动物学杂志*, 2006, **41**(3): 80-84.]
- [44] Ince B W, Thorpe A. The effects of starvation and force-feeding on the metabolism of the northern pike, *Esox lucius* L [J]. *Journal of Fish Biology*, 1976, **8**(1): 79-88.
- [45] He W, Cao Z D, Fu S J. Effects of temperature and hypoxia on lactate and carbohydrate level in silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) [J]. *Journal of Chongqing Normal University (Natural Science)*, 2013, **30**(5): 27-31. [何伟, 曹振东, 付世建. 温度和低氧对白鲢乳酸与糖水平的影响 [J]. *重庆师范大学学报(自然科学版)*, 2013, **30**(5): 27-31.]
- [46] Xu G C, Nie Z J, Bo Q K, *et al.* Effects of water temperature on oxygen consumption rate, asphyxiant point, blood glucose content, and muscle and liver glycogen content of juvenile *Coilia nasus* [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2012, **31**(12): 3116-3120. [徐钢春, 聂志娟, 薄其康, 等. 水温对刀鲚幼鱼耗氧率、窒息点、血糖及肌肝糖元指标的影响 [J]. *生态学杂志*, 2012, **31**(12): 3116-3120.]
- [47] Peng S M, Shi Z H, Sun P, *et al.* Effects of breeding density on the growth and tissues biochemical indices of juvenile silver pomfret (*Pampus argenteus*) [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2010, **29**(7): 1371-1376. [彭士明, 施兆鸿, 孙鹏, 等. 养殖密度对银鲷幼鱼生长及组织生化指标的影响 [J]. *生态学杂志*, 2010, **29**(7): 1371-1376.]

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

LI Pei<sup>1</sup>, CHEN Jian<sup>1</sup>, YU Deng-Hang<sup>2</sup>, LI Qing<sup>1</sup>, WANG Gui-Ying<sup>1</sup>, WEI Hui-Jie<sup>1</sup>, SUN Ren-Li<sup>1</sup>,  
WANG Shou-Rong<sup>1</sup> and SUN Yan-Hong<sup>1</sup>

(1. Fisheries Research Institute, Wuhan Academy of Agricultural Sciences, Wuhan 430207, China; 2. School of Animal Science and Nutritional Engineering, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China)

**Abstract:** To determine the suitable transport density of *Ancherythroculter nigrocauda* Yih et Wu, *Ancherythroculter nigrocauda* with the average body mass of  $(0.11 \pm 0.04)$  g and average body length of  $(27.08 \pm 3.09)$  mm were conducted with three density (20, 40 and 80 g/L) and five transport times (2, 4, 6, 8 and 10h) to measure cortisol, lactate, glycogen content of *Ancherythroculter nigrocauda* and the water quality in the oxygen bag. The results showed that the average survival rate of *Ancherythroculter nigrocauda* in each group was above 99% after transportation, but the difference between densities was significant ( $P < 0.05$ ). The total ammonia nitrogen concentration of each group increased significantly with the transportation time and the pH decreased significantly with the transportation time, and the differences between different transport densities were significant ( $P < 0.05$ ). The concentration of DO in the low-density group of 14.20—20.93 mg/L was significantly higher than that in the high-density group of (2.42—2.88 mg/L;  $P < 0.05$ ). The cortisol content of each treatment group increased first and then decreased, the cortisol contents at 4h and 6h were significantly higher than other transport times, and the difference between different transport densities was significant ( $P < 0.05$ ). The lactate content of each group increased significantly with the increased transportation time ( $P < 0.05$ ), but there was no significant difference between different densities ( $P > 0.05$ ). The glycogen content of each group was significantly reduced after 2h of transportation ( $P < 0.05$ ), and then remained stable. These results indicated that there was a significant interaction between transport density and time on cortisol, survival rate, total ammonia nitrogen and dissolved oxygen of *Ancherythroculter nigrocauda*, and the optimal transport density of *Ancherythroculter nigrocauda* was 40 g/L.

**Key words:** *Ancherythroculter nigrocauda*; Transport density; Transport time; Cortisol; Glycogen; Lactate; Total ammonia nitrogen; Dissolved oxygen