

二倍体与三倍体山女鳟的血液学比较分析

贾钟贺,徐革锋,谷伟,张永泉,王常安,王炳谦

(中国水产科学研究院 黑龙江水产研究所,黑龙江 哈尔滨 150070)

摘要: 对二倍体和三倍体山女鳟(*Oncorhynchus masou*)的全血、血浆各种特征及结构进行血液学分析,结果表明,三倍体山女鳟的红细胞(RBC)体积与二倍体的比值为 1.48 ± 0.19 。三倍体的红细胞数和红细胞压积(Hct)均显著低于二倍体,但其血红蛋白(Hb)浓度与二倍体的无显著性差异($P > 0.05$)。这些血液生理学数据表明,二倍体与三倍体山女鳟可能具有相似的氧运输和有氧代谢能力。血液生化结果显示,二倍体和三倍体山女鳟的生化指标检测值不存在显著性差异($P > 0.05$);回归分析结果显示,与二倍体和三倍体山女鳟血浆渗透压(Osm)相关性最大的生化指标均为 Na^+ 浓度、血糖浓度和尿素氮浓度。虽然三倍体与二倍体山女鳟血红蛋白含量之间不存在显著性差异,但由于三倍体的红细胞数远低于二倍体,加之三倍体的全血黏度较二倍体的高,在应激或低溶解氧的情况下,三倍体将无法动员更多的红细胞进行组织有氧代谢,因此,与二倍体相比,三倍体山女鳟的组织缺氧或窒息的风险更大,对溶解氧的要求更高。[中国水产科学, 2010, 17(4): 807-814]

关键词: 山女鳟; 二倍体; 三倍体; 血液学; 红细胞

中图分类号: Q959; S96

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2010)04-0807-08

山女鳟(*Oncorhynchus masou*)属于鲑形目(Salmoniformes)、鲑科(Salmonidae)、鲑亚科(Salmoninae)、大麻哈鱼属,属冷水性鱼类。1996年山女鳟被引入中国,经过试养获得成功后,目前已成为中国冷水性鱼增殖及游钓业的新品种^[1-2]。由于近年来人们对山女鳟的认知度不断提高,其养殖量也逐年增大,成为了鲑类养殖的主要品种之一。目前,国内学者对山女鳟的研究多集中于生物学^[3]、养殖技术^[2-3]和分子生物学^[4]等方面,而在遗传育种方面,尤其在多倍体育种领域相关报道仍鲜见。

早在20世纪40年代Svårdson就首次发现了鲑科鱼中存在多倍体现象^[5]。由于多倍体鱼类蕴含着丰富的遗传变异潜能,因此许多科学家采用人为的方法诱导产生多倍体鱼类企图通过增加染色体组

的方法来改造生物的遗传基础,从而培育出符合人们需要的优良品种。鉴于此,多倍体诱导技术的重要地位在鱼类遗传育种领域中得以确立^[6]。Glomski等^[7]和Houston^[8]认为,与人类不同,硬骨鱼类产生的红细胞甚至可以改变其发育趋向。因为鱼类的红细胞成熟度是与细胞伸长、表面积增加、表面积与体积比的减小存在密切关系。因此,多倍体鱼类的血清指标在遗传育种方面也具有重要的研究意义。在相同体质量及年龄条件下,三倍体鱼的红细胞容积明显的较二倍体鱼的大。细胞的体积大小与其数量间存在一种稳态机制,即当红细胞容积增大,其总数将成比例的减小;因此,在二倍体与三倍体鱼类血液学方面将会出现各种差异^[7-8]。三倍体山女鳟有生长快,个体大的特点,因此,本研究对山女鳟进行了多

收稿日期: 2010-01-06; 修订日期: 2010-02-25.

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(201002); 黑龙江省冷水性鱼类种质资源及养殖重点开放实验室项目(201002); 中国水产科学研究院冷水性鱼类增殖生物学与鱼类生理学重点开放实验室项目(201002).

作者简介: 贾钟贺(1966-),男,助理研究员,从事冷水性鱼类养殖. E-mail: xgffish@yahoo.com.cn

通讯作者: 王炳谦,研究员,从事冷水性鱼类养殖与育种研究. E-mail: wbqfish@yahoo.com.cn

倍体诱导,并对二倍体与三倍体山女鳊的血液学指标进行比较分析,旨在探讨染色体操作对三倍体山女鳊血液学的影响,从而为今后三倍体山女鳊的养殖生物学提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 亲本来源及配子采集

山女鳊(*Oncorhynchus masou*)亲本从日本引进,暂养于中国水产科学研究院黑龙江水产研究所渤海冷水性鱼试验站,雌鱼20尾,体质量200~450 g;雄鱼10尾,体质量130~425 g。参照虹鳊的人工繁殖方法^[9]对山女鳊进行精、卵采集。首先进行雄性配子获取,并将镜检精子活力达到85%以上的精液放置于4℃冰箱内保存;之后获取雌性配子,采用混精混卵的方法进行人工授精,繁殖水温为8~12℃。

1.2 二倍体、三倍体制种及检测

将受精卵分为2个组处理,即实验组与对照组。利用26℃的温水对于实验组的受精卵进行热休克处理^[10],并将未经任何处理的受精卵作为对照组,正常孵化后获得一批预期三倍体和普通二倍体子代。在同样的管理方式和饲养环境下对这些子代进行培育,待所有个体体质量均大于100 g后进行实验分组暂养,分组前采用核体积法进行倍性检测^[11-12],分别检测出50尾二倍体和三倍体。三倍体山女鳊实验组,设3个平行组(3×15尾),对照组为2倍体山女鳊,同样设3个平行组(3×15尾)。在同等条件下暂养6周后,在各试验组中分别随机捞取15尾鱼,体质量为120~160 g;对照组5尾,体质量为115~158 g,分别进行血液采集。

1.3 血样制备

根据徐革锋等^[13]的方法进行血液采集、抗凝与处理。从鱼尾椎静脉采血,每尾6.0 mL以上,其中2.5 mL血样用肝素抗凝(70~100 IU·mL⁻¹)分装,用于测定全血黏度值(η_b)和血浆黏度值(η_p);0.5 mL血样EDTA抗凝分装,用于测定血液生理指标;0.9 mL血样用0.1 mL枸橼酸钠抗凝分装,用于测定纤维蛋白原;2.5 mL血样不加抗凝剂进行分装,自然析出

血清,在离心后用于测定生化指标。同时根据安丽英^[14-15]的方法,移取10 μL新鲜血样制作血涂片,每尾鱼制作2张,Giemsa染色。

1.4 血细胞形态学观察

在400×和1000×显微镜下对血涂片进行观察,用Olympus-CH20显微镜、Moticam1300图像采集系统及Motic Images Plus 2.0 ML图像编辑软件对细胞形态进行拍照,并统计相关数据。

1.5 血液生理生化指标检验

根据徐革锋等^[13]的研究方法对二倍体和三倍体山女鳊的血液进行生理生化指标测定和公式推算。

血液生理检测项目包括,红细胞数(RBC,×10¹²)、红细胞压积(Hct)、血红蛋白含量(Hb)和纤维蛋白原浓度(Fb)等,按照Cogswell等^[16]的方法对平均红细胞体积(MCV)和平均血红蛋白含量(MCH)进行如下公式计算:

$$MCV = Hct \times 10 / RBC$$

$$MCH = \left(\frac{\text{hemoglobin (g 100 mL)} \times 10}{\text{erythrocyte, count (million, mm}^3)} \right)$$

血浆纤维蛋白浓度(Fb)使用CLOT-1a型血凝仪测定。

血液生化检测项目包括,血清总蛋白(TP)、血清白蛋白(AP)、血清球蛋白(GP)、血清胆固醇(CHO)、血糖(G)、钠离子(Na⁺)、氯离子(Cl⁻)、尿素氮(BUN)、钾离子(K⁺)和血浆渗透压(Osm)。

1.6 血液流变学指标测定及计算

血液流变学指标的测定及计算,选择切变率由低至高的施加方式测定血液流变学的各项指标^[17]。即用LBY-N6型自清洗旋转黏度计(北京普利生公司生产),在(20±0.1)℃温度下检测,分别选用5.75 s⁻¹、9.60 s⁻¹、11.50 s⁻¹、23.0 s⁻¹、46.0 s⁻¹、115.0 s⁻¹、230.0 s⁻¹ 7个切变率(γ)测定 η_b ,并选用200 s⁻¹切变率测定 η_p 。在检测过程中将待测血样置于低温(4℃)环境中保存,并保证全血血样在短时间(4℃)内检测完毕。

1.7 数据统计

Racek^[18]认为,在统计处理过程和直接非参数法

中允许应用基本变量特性来鉴定不呈正态频率分布的数据,因此本研究定义了 $100\frac{P}{2}\%$ (参考下限)和 $100-100\frac{P}{2}\%$ (参考上限)2个分位点,用来确定每个血液生理学参数的参考分界线。然后用Kolmogorov-Smirnov (K-S) 检验,比较绝对频率与 $k_n(x_i)$ for $i=1,2,3,\dots$,的基础理论频率或正常分布 $\phi(x_i)$ 的差异。完成K-S检验后,采用柱状图结合正态分布曲线对血液生理学数据进行分析。本研究利用逐步回归分析方法筛选出对渗透压呈现显著作用的血液生化指标。切变率与全血黏度的关系选择线性回归法进行分析,并将其拟合成曲线图显示。为了对三倍体与二倍体的各项血液生理生化指标进行比较,采用 F 检验确定分布同质性,通过 t 检验区分数据的差异显著性。每个检测值均采用平均值 $\pm$ 标准偏差表示。

2 结果与分析

2.1 血液生理指标

二倍体与三倍山女鳟之间的各项血液学指标检测值存在差别(表1)。三倍体的RBC和Hct显著低于二倍体($P<0.05$),但三倍体的MCH显著高于二倍体($P<0.05$)。通过对二倍体和三倍体山女鳟血液的5项生理学指标进行正态分布图拟合发现(图1-图5),二倍体和三倍体的Hb和MCV基本属于正态分布,即说明二倍体与三倍体山女鳟的这2个血液生理指标无显著性差异($P>0.05$);而二倍体与三倍体的RBC和Hct属于偏正态分布(均值与众数无重合位),说明二倍体和三倍体山女鳟的这2个血液指标存在差异,且具有非同质性特征;而二倍体与三倍体的MCH柱状图较为复杂,可能与检测误差有关。

表1 二倍体与三倍体山女鳟的血液生理学指标比较
Tab. 1 Comparison of hematology between diploid and triploid of masou salmon (*Oncorhynchus masou*)
n=20; $\bar{x}\pm SD$

样本 Sample	RBC ($\times 10^{12}/L$)	Hb/($g \cdot L^{-1}$)	Hct	MCV/fL	MCH/pg	Fb/($g \cdot L^{-1}$)
2n	0.59 ± 0.17^a	107.33 ± 23.00	17.20 ± 4.65^a	293.52 ± 11.50	235.12 ± 76.32^a	1.63 ± 0.40
3n	0.16 ± 0.12^b	111.30 ± 13.72	11.48 ± 6.75^b	304.69 ± 16.40	489.93 ± 230.40^b	2.06 ± 0.75

注：同列数值上标字母表示差异程度,不同字母表示数值间存在显著差异($P<0.05$)。
Note: Values in the same column with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

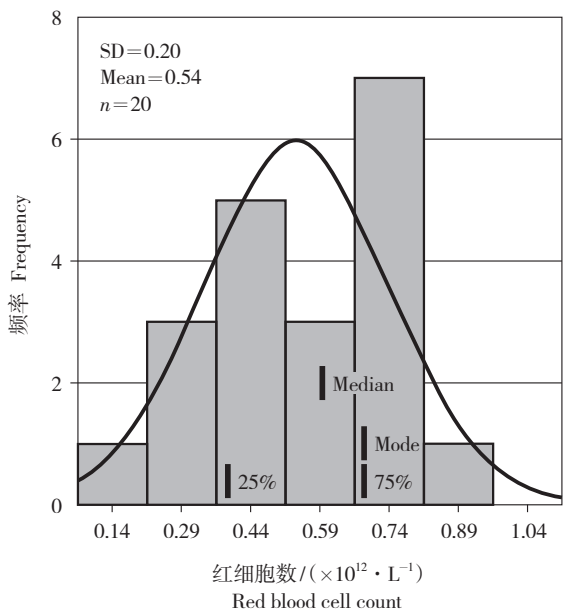


图1 二倍体与三倍体山女鳟RBC的正态频率分布图
Fig. 1 RBC frequency distribution of diploid and triploid

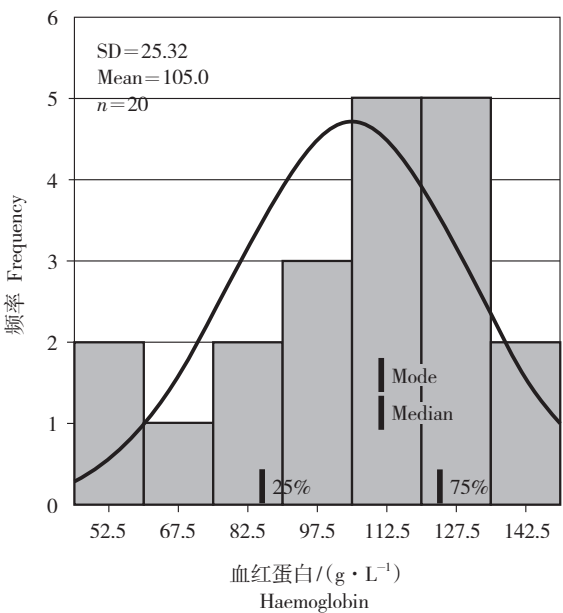


图2 二倍体与三倍体山女鳟Hb的正态频率分布图
Fig. 2 Haemoglobin frequency distribution of diploid and triploid

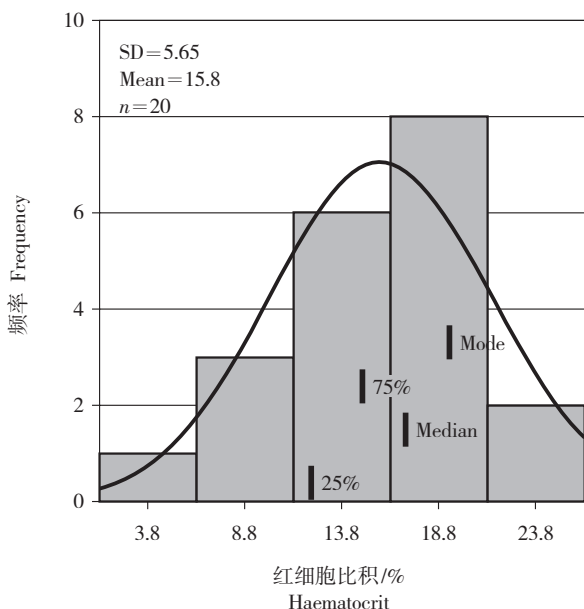


图3 二倍体与三倍体山女鳟Hct的正态频率分布图

Fig. 3 Haematocrit frequency distribution of diploid and triploid of masou salmon

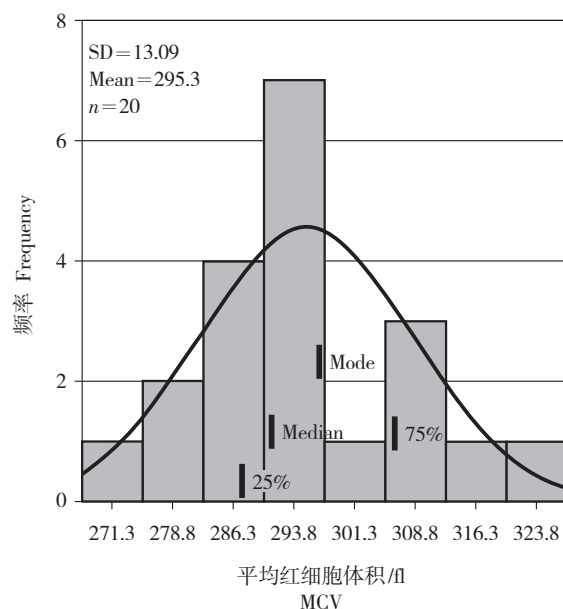


图4 二倍体与三倍体山女鳟MCV的正态频率分布图

Fig. 4 MCV frequency distribution of diploid and triploid of masou salmon

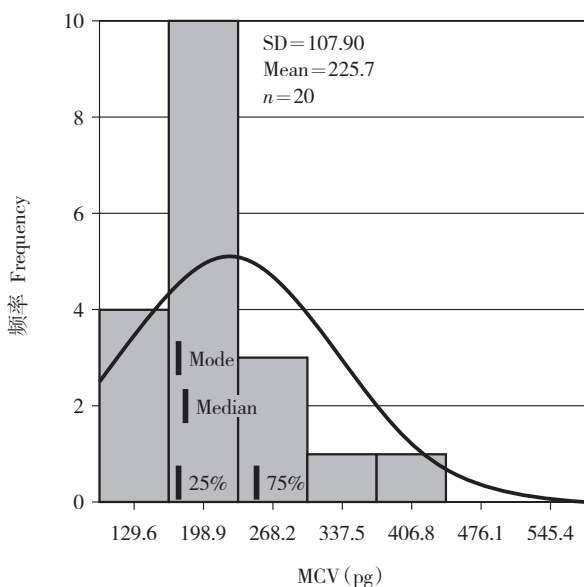


图5 二、三倍体山女鳟MCH的正态频率分布图

Fig. 5 MCH frequency distribution of diploid and triploid of masou salmon

注：图1—图5的纵坐标均为频率，横坐标为不同生理指标的分位数，图中的4处竖线标识分别为25%、50% (Median) 和75%的分位点的测定指标值，以及众数 (Mode) 对应的数值。

Note: The ordinates of figures 1–5 is frequency, the abscissa is quantile of various physiological index, the four mark in the figure is the evaluated values of quantile of 25%, 50% and 75%, and the values that correspond to and Mode.

2.2 血液生化指标

二倍体和三倍体山女鳟的血液生化指标检测值不存在显著性差异 ($P > 0.05$), 见表2。回归分析结果显示, 与二倍体和三倍体Osm相关性最大的血液生化指标均为 Na^+ 、G和BUN; 将 Na^+ 、G和BUN指标

分别设置为自变量 x_1 、 x_2 和 x_3 , 二倍体和三倍体渗透压分别设置为应变量 y_{2n} 和 y_{3n} , 分别构建多元线性回归方程为 $y_{2n} = 1.86x_1 + x_2 + x_3 + 9$ 和 $y_{3n} = 1.851x_1 + 0.941x_2 + 0.811x_3 + 10.789$ 。

表2 二倍体与三倍体山女鳟血液生化指标检测值
Tab. 2 Blood biochemical value of diploid and triploid of masou salmon n=20; $\bar{x}\pm SD$

样本 Sample	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁺	TP	AP	GP	TG	Chol	BUN	G	Osm
2n	0.91±0.19	158.20±2.69	121.60±4.45	32.24±7.64	15.03±3.72	17.21±4.75	2.66±1.71	5.35±2.46	0.66±0.16	3.44±0.53	307.35±5.11
3n	1.05±0.37	158.86±3.41	118.59±4.14	37.15±8.76	17.11±4.73	20.03±4.88	4.88±3.69	7.28±3.63	0.72±0.14	3.91±0.46	309.13±6.22

2.3 血液流变学指标

二倍体和三倍体山女鳟的血液黏度与切变率呈负相关关系(图6),随着切变率的增大,这2种鱼的血液黏度均呈下降趋势。但无论在那个切变率下,三倍体山女鳟的血液黏度均大于二倍体。二倍体和三倍体的 η_p 分别为 $(1.02\pm0.08)\text{mPas}$ 和 $(1.015\pm0.072)\text{mPas}$ 。

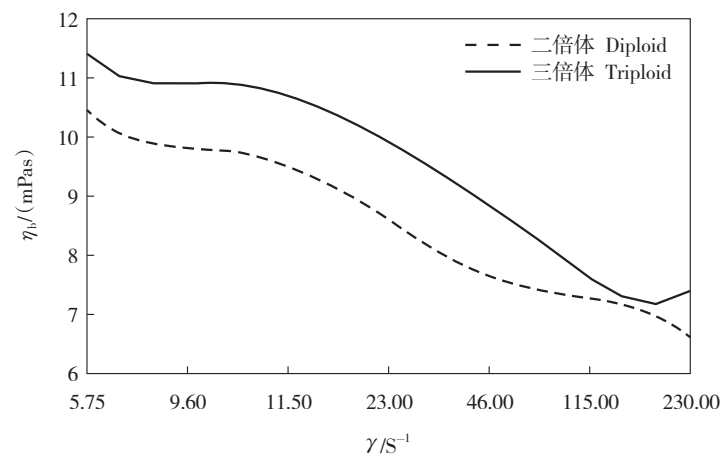


图6 二倍体和三倍体山女鳟7个切变率与全血黏度的关系
Fig. 6 Effects for whole blood viscosity by seven acting shear rates in diploid and triploid of masou salmon

2.4 红细胞形态学测量

二倍体和三倍体的红细胞形态均呈椭圆状,二倍体细胞外形较三倍体稍圆。在三倍体的血涂片中可以频繁的观察到不规则的、反常的细胞核(图7-图8),但是在二倍体的血涂片中却极少见到。三倍体山女鳟红细胞的长度和宽度分别较二倍体细胞大24%和19%;三倍体红细胞核的长轴和短轴较二倍体的分别大21%和18%;三倍体山女鳟的红细胞体积与二倍体的比值为 1.48 ± 0.19 。

3 讨论

3.1 二倍体与三倍体山女鳟血液的生理生化指标差异及功能分析

二倍体与三倍体山女鳟与其他鲑科鱼类(虹

鳟、银鲑及其杂交种)的红细胞生理指标存在显著性差异^[13,19]($P<0.05$),RBC和Hct浓度较虹鳟低,但其他红细胞生理指标均较虹鳟高。本研究通过K-S验证和正态分布分析发现,二倍体山女鳟的RBC和Hct与三倍体的存在显著性差异($P<0.05$),三倍体红细胞体积显著大于二倍体的,但二倍体和三倍体山女鳟的Hb不存在显著性差异($P>0.05$)。其主要原因是,三倍体红细胞体积与其红细胞数(RBC)呈负相关关系,而血红蛋白含量大小主要取决于红细胞体积大小及数量的多少,即红细胞的体积越大,其数量也相对减少。三倍体红细胞体积的增大弥补了其数量减少对Hb变化的影响,虽然对鱼类染色体操作导致了三倍体细胞体积的增大、相关血液生理指标改变,但三倍体血红蛋白总量与二倍体的并不存

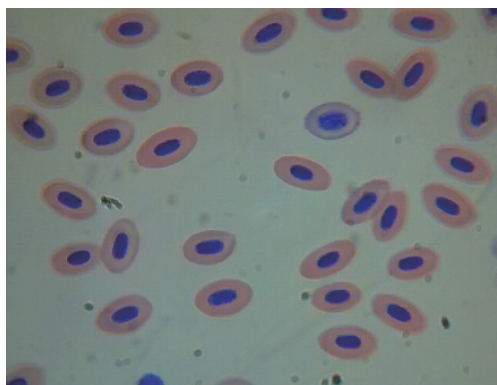


图7 二倍体山女鲮的红细胞形态

Fig. 7 Morphology of erythrocytes of diploid *Oncorhynchus masou*

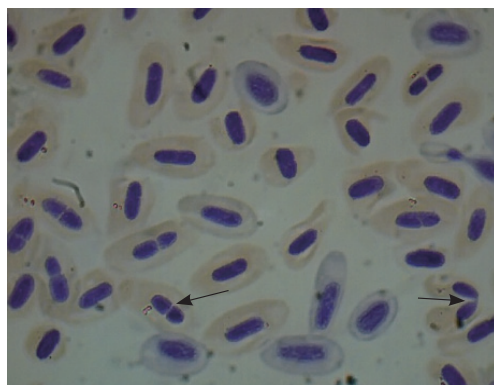


图8 三倍体山女鲮的红细胞形态(核变形:箭头)

Fig. 8 Morphology of erythrocytes of triploid *Oncorhynchus masou* (Transformative nucleus: arrow)

在差异。生化指标方面,血液中各种离子和蛋白浓度与虹鳟不存在显著性差异($P>0.05$);血液流变学方面,二倍体与三倍体山女鲮血液黏度在7个切变率下的变化趋势与其他鲑科鱼类的基本一致,即随着切变率的增大黏度降低,但山女鲮的血液黏度明显高于虹鳟、银鲑及其杂交种^[13]。Nash^[20]和Burtoli^[21]认为,红细胞的MCV是影响 η_b 的主要因素,MCV大,红细胞体积就大,红细胞之间的相互作用较强。本研究通过K-S验证和正态分布同质性分析发现,二倍体与三倍体山女鲮的MCV不存在显著性差异($P>0.05$),但二倍体的MCV较三倍体的略小,二倍体的 η_b 也明显较三倍体的低,这也充分说明了红细胞的MCV对 η_b 的影响。 η_b 增大是导致血液循环减缓以及组织中氧饱和度降低的主要因素^[22]。尽管三倍体的红细胞数量较二倍体的相对少,但三倍体的Hb与二倍体的基本相当,理论上表明,二倍体与三倍体应具有同等水平的血液红细胞携氧能力。但Yamamoto等^[23]和Ojolic等^[24]的研究认为,在限制氧气条件下,二倍体鱼的血液携氧能力要好于三倍体。Benfey^[25]也认为,三倍体鱼类具有较差的携氧能力。鱼类在Hb携氧能力正常的情况下, η_b 大则血流速相对小,组织供氧速度相对慢,造成组织缺氧的机会增大^[13]。刘先国^[26]认为,在溶解氧低的水环境中,鱼鳃从水中交换的氧量不足会影响组织的正常机能,如果 η_b 大则组织会更容易进入极度缺氧状态。

因此,如果鱼类组织供氧不足便会发生应激反应,狂游或休克造成的组织无氧酵解环境会产生大量的2,3-二磷酸甘油酸(2,3-DPG),大量的酸可以使组织酸中毒,不但直接降低Hb与O₂的亲合力^[26],而且会导致鱼类窒息死亡。因此,虽然三倍体与二倍体的血红蛋白含量之间不存在显著性差异,但由于三倍体的红细胞数远低于二倍体的,加之三倍体的全血黏度较二倍体的高,在应激或低溶解氧的情况下,三倍体无法动员更多数量的红细胞进行组织有氧代谢,这将加大三倍体组织缺氧或窒息的风险,三倍体山女鲮也将更容易进入缺氧状态,窒息死亡。

3.2 三倍体红细胞的形态变化与分析

不同倍性鱼类的红细胞体积存在显著差异^[27],由于三倍体鱼类细胞中的DNA遗传物质较二倍体中的多50%,其细胞的体积及容量也随之增大,以适应变大的细胞核^[28]。因此,不同倍性鱼类的红细胞体积也存在显著差异。本研究结果为,三倍体山女鲮红细胞的细胞核体积是二倍体的1.48倍。Beyea等^[27]认为,二倍体硬骨鱼类的Hct与三倍体的大小基本相同,原因在于三倍体RBC计数的减少由红细胞体积的增大来平衡,维持了其Hct与二倍体的大小一致。但本研究的结果表明,三倍体山女鲮的Hct和RBC计数显著低于二倍体的($P<0.05$)。Hct与RBC、红细胞体积均呈正相关关系,但RBC的减少与红细胞体积的增加并未实现三倍体的Hct与二倍体

的保持在一个水平,这也说明红细胞的体积、数量发生增减,Hct都能够反映出红细胞总量的情况,这将对鱼类疾病诊断提供重要参考价值。

3.3 渗透压与血液生化指标间的关系

回归分析结果表明,血液生化指标中 Na^+ 、G和BUN与Osm相关性最大。徐革锋等^[13]和赵会宏等^[28]认为,Osm是影响鱼体血量变化的主要因子,当Fb含量升高, η_p 黏度增大,同时带来Osm值增大,导致血循环减慢,血量相对下降,组织中的水向血液中渗透,以调节黏度和渗透压平衡,维持血量恒定。本研究结果显示,二倍体和三倍体山女鳟的离子及胶体渗透压无显著差异,但它们的Osm较其他鲑科鱼类的低,而 η_p 较虹鳟和银鲑的高^[13]。淡水鲑鳟鱼类的血液渗透压明显高于周围水环境,因此,需要进行高渗压调节。当它们通过肾小球排出大量低渗的尿液时,其鳃上皮能从环境中摄取负离子(氯离子)以调节血液中的离子平衡。二倍体和三倍体山女鳟的Osm不存在显著差异($P>0.05$),说明三倍体山女鳟在常规养殖水环境具有与二倍体一样的适应能力。

参考文献:

- [1] 王昭明.山女鳟—来自日本的冷水鱼新品种[J].水产学杂志,1998,11(2):96.
- [2] 尹洪滨,孙中武,沈希顺,等.山女鳟肌肉营养组成分析[J].水生生物学报,2004,28(5):577-580.
- [3] 白庆利,杨萍,贾钟贺,等.山女鳟的生物学特性及繁殖力[J].水产学杂志,2004,17(2):65-68.
- [4] 张玉勇,白庆利,贾智英,等.虹鳟、山女鳟及其杂交子代(虹鳟♀×山女鳟♂)的微卫星分析[J].水产学报,2009,33(2):188-194.
- [5] 楼允东.鱼类育种学[M].北京:中国农业出版社,1999:117-120.
- [6] 楼允东,沈竑,陆君.异育银鲫及其亲本血清生化组成的比较研究[J].动物学研究,1991,12(2):181-184.
- [7] Glomski C A, Tamburlin J, Chainani M. The phylogenetic odyssey of the erythrocyte.II. Fish, the lower vertebrate experience. Histol. Histopathol. 1992,7:501-528.
- [8] Houston A H. Review: Are the classical hematological variables acceptable indicators of fish health? Trans. Am. Fish. Soc. 1997,126:879-894.
- [9] 刘雄,王昭明,金国善,等.虹鳟养殖技术[M].北京:农业出版社,1990:34-70.
- [10] 王炳谦,徐连伟,贾钟贺,等.热休克诱导全雌虹鳟三倍体[J].水产学杂志,2005,18(2):22-27.
- [11] 杨双英,徐革锋,牟振波,等.虹鳟受精卵第一次卵裂组织学观察及四倍体制备最佳时机的研究[J].水产学杂志,2007,20(1):85-90.
- [12] Woznicki P, Kuzminski H. Chromosome number and erythrocyte nuclei length in triploid brook trout (*Salvelinus fontinalis*) [J]. Caryologia,2002,55:295-298.
- [13] 徐革锋,李永发,贾钟贺,等.虹鳟、银鲑及其杂交种血液指标的比较研究[J].大连水产学院学报,2006,21(3):212-218.
- [14] 安丽英.兽医试验诊断[M].北京:中国农业大学出版社,1998.
- [15] 贾钟贺,徐革锋,牟振波,等.金鳟伪雄鱼的制备及全雌三倍体的诱导[J].大连水产学院学报,2009,24(1):8-11.
- [16] Cogswell A T, Benfey T J, Sutterlin A M. The hematology of diploid and triploid transgenic Atlantic salmon (*Salmo salar*) [J]. Fish Physiol Biochem,2002,24:271-277.
- [17] 施永德.切变率的施加顺序和剪切史对全血粘度测定值影响的初步研究[J].中国血液流变学杂志,2001,11(1):5-8.
- [18] Racek J. Clinical Bilchemistry [M]. Czech Galén,1999:317.
- [19] Řehulka J, Minařík B. Effect of polychlorinated biphenyls (Delor 103) on haematological and enzyme parameters of the rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* [J]. Dis Aquatic Organ,2004. 62:147-153.
- [20] Nash G B. What can be learnt by comparing human and fish red blood cells [J]. European Conference on Clinical Hemorheology, 1991,28:231-239.
- [21] Bartoli G, Pasquini G, Albanese B, et al. The influence of hematocrit and plasma viscosity on blood viscosity [J]. Clinical H-emorheology,1982,2:319-327.
- [22] 廖福龙,翁维良.血液流变学在诊断及预防医学中的应用[M].北京:科学出版社,1881.
- [23] Yamamoto A, Iida T. Oxygen consumption and hypoxic tolerance of triploid rainbow trout [J]. Fish Pathol. 1994,29:245-251.
- [24] Ojolick E J, Cusack R, Benfey T J, et al. Survival and growth of all female diploid and triploid rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared at chronic high temperature [J]. Aquaculture. 1995,131:177-187.
- [25] Benfey T J. The physiology and behavior of triploid fishes [J]. Rev Fish Sci,1999,7:39-67.
- [26] 刘先国.生理学[M].北京:科学出版社,2003:189-199.
- [27] Beyea M M, Benfey T J, Kieffer J D. Hematology and stress physiology of juvenile diploid and triploid shortnose sturgeon (*Acipenser brevirostrum*) [J]. Fish Physiol Biochem,2005,31:303-313.
- [28] 赵会宏,刘志强,贝念湘,等.几种不同属性鱼类血液流变学性质的比较研究[J].新疆农业大学学报,2000,23(4):1-8.

Comparative analysis of hematology between diploid and triploid of masou salmon (*Oncorhynchus masou*)

JIA Zhonghe, XU Gefeng, GU Wei, ZHANG Yongquan, WANG Changan, WANG Bingqian

(Heilongjiang River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Harbin 150070, China)

Abstract: The masou salmon were used to study the characteristics and configuration of blood and plasma differences between diploid and triploid. The results showed that the ratio of triploid/diploid erythrocyte volume was 1.48 ± 0.19 . The erythrocyte amount and hematocrit of triploid were significantly lower than that of diploid, but there were no differences in hemoglobin between diploid and triploid, thus, they might have the similar capacity on oxygen transportation and metabolism. There were no differences in blood biochemical indices ($P > 0.05$), and the regression analysis showed that the most relevant biochemical indices of both diploid and triploid are levels of Na^+ , glucose and blood urea nitrogen. In conclusion, there were no differences in hemoglobin between the two groups, but the erythrocyte amount of triploid was lower than that of diploid dramatically, and the triploid blood conglutination was higher than that of diploid, under stressful and low dissolved oxygen conditions, the triploid couldn't employ more erythrocytes to participate in oxygenic metabolism which resulted in tissue suffocation or oxygen deficiency easily. [Journal of Fishery Sciences of China, 2010, 17(4): 807–814]

Key words: *Oncorhynchus masou*; masou salmon; diploid; triploid; hematology; erythrocyte

Corresponding author: WANG Bingqian. E-mail: wbqfish@yahoo.com.cn