



مجله علوم کاربردی آبزیان

بهره‌برداری و پرورش آبزیان
جلد هشتم، شماره اول، بهار ۱۳۹۸

<http://japu.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/japu.2018.15496.1454

بررسی مقایسه‌ای ناهنجاری‌های گلبول‌های قرمز در ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*)، قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) و آمیخته تریپلوئید آن‌ها

*سالار درافشان^۱، مظاهر زمانی فرادنبه^۲ و شاهین عبدالهی^۳

^۱دانشیار، گروه شیلات، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشجوی دوره دکتری تخصصی تکثیر و پرورش آبزیان، گروه شیلات، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانش‌آموخته دوره کارشناسی تکثیر و پرورش آبزیان، گروه شیلات، دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۵/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۷/۱۷

چکیده

از آنجایی که شکل و اندازه سلول‌های قرمز خونی در جنبه‌های فیزیولوژیکی علوم جانوری به خصوص تنفس و انتقال مواد مغذی بسیار مهم هستند، این مطالعه به منظور بررسی تغییرات شکل و اندازه سلول‌های قرمز خونی (ناهنجاری‌ها) در ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*) و آمیخته تریپلوئید آن‌ها (*Salmo trutta caspius* ♂ × *Oncorhynchus mykiss* ♀) انجام شد. القای تریپلوئیدی با استفاده از شوک حرارتی ۲۸ درجه سانتی‌گراد، ۱۰ دقیقه بعد از زمان لقاح به مدت ۱۰ دقیقه انجام شد. صحت القای پلوئیدی با استفاده از مقایسه ابعاد گلبولی تعیین شد. نتایج حاصل از مقایسات قزل‌آلای رنگین‌کمان، ماهی آزاد دریای خزر و آمیخته تریپلوئید آن‌ها نشان داد که در تمامی ابعاد سلول‌های قرمز خون نظیر محور بزرگ هسته و سلول، محور کوچک هسته و سلول، حجم و مساحت هسته به جز حجم سلول تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان و ماهی آزاد دریای خزر وجود ندارد ($P > 0.05$) ولی آمیخته‌گری تریپلوئیدی منجر به افزایش معنی‌دار در تمامی صفات مذکور در گروه تریپلوئید نسبت به ماهی آزاد و قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌شود ($P < 0.05$). ناهنجاری‌های ریختی در سلول‌های قرمز تریپلوئید به طرز چشم‌گیری بیشتر از ماهیان دیپلوئید بود ($P < 0.05$). فراوان‌ترین انواع ناهنجاری‌های شامل گلبول قرمز با اشکال شبیه به قطره‌های اشک، گلبول‌های قرمز با اندازه‌ای بزرگتر از اندازه طبیعی و گلبول‌های دارای سیتوپلاسم ناقص بود. آمیخته‌های تریپلوئید دارای تغییرات زیاد در بسیاری از فاکتورهای خونی هستند که این تغییرات می‌تواند پاسخ‌های استرسی، ایمنی، سلامتی، رشد و بقاء ماهیان تریپلوئید را متأثر نمایند.

واژه‌های کلیدی: خون، سلول، بدشکلی، سیتوپلاسم ناقص

*مسئول مکاتبه: sdorafshan@cc.iut.ac.ir

مقدمه

ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*)، یکی از نه زیرگونه قزل‌آلای قهوه‌ای هست. زیستگاه اصلی این گونه سواحل غربی و جنوبی دریای خزر بوده و پراکنش آن در سواحل شمالی و همچنین شرقی این دریا بسیار محدود است (سجویگ، ۱۹۹۵) و بخش اعظم عمر خود را در دریا (خصوصاً مناطق ساحلی در اعماق ۴۰ الی ۵۰ متری) سپری می‌نماید و در این مرحله، از رشد فوق‌العاده‌ای برخوردار است. این ماهی، رودکوچ بوده و عمدتاً پس از بلوغ به رودخانه مادری جهت تخم‌ریزی مهاجرت می‌نماید و دارای دو فرم مهاجر بهاره (ماهی آزاد) و پاییزه (ماهی تیان) است.

ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) مهم‌ترین گونه از آزادماهیان پرورشی در آب شیرین است. اگرچه محدوده اصلی زیستگاه این گونه رودهای غربی آمریکای شمالی از آلاسکا تا کالیفرنیا هست اما دو وارته اصلی از آن به نام‌های قزل‌آلای مهاجر یا پولادسر (Steelhead) و قزل‌آلای ساکن در آب شیرین (Kamloops) در آب‌های مناطق وسیعی از جهان پراکنده هستند. ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان یک ماهی رودکوچ بوده و عمدتاً پس از بلوغ به رودخانه مادری جهت تخم‌ریزی مهاجرت می‌نماید.

آمیخته‌گری به آمیزش گروه‌ها یا افراد متفاوت از لحاظ ژنتیکی اطلاق می‌گردد که می‌تواند به صورت آمیزش درون‌گونه‌ای و یا بین‌گونه‌ای رخ دهد. در آبی‌پروری، آمیخته‌گری به‌طور گسترده‌ای برای افزایش سرعت رشد، تغییر نسبت جنسیت، تولید ماهیان عقیم، بهبود کیفیت گوشت، افزایش مقاومت به بیماری‌ها و تحمل عوامل زیست‌محیطی انجام می‌شود. آمیخته‌گری بین‌گونه‌ای و بین جنس در آزادماهیان برای مدت‌های طولانی مورد مطالعه قرار گرفته است که به‌صورت آمیخته‌های دیپلوئید و

تریپلوئید انجام می‌شود. تولید ماهیان دیپلوئید و تریپلوئید آمیخته تنها روش عملی و اقتصادی برای ایجاد ماهیان عقیم به منظور مصرف انسانی است. موجودات تریپلوئید در اندازه و شمار سلول از افراد دیپلوئید متفاوت هستند که در نتیجه ممکن است تغییراتی در رشد و رفتار، در زمان مقایسه تحت شرایط استاندارد با یکدیگر داشته باشند (اکیفه و بنفی، ۱۹۹۹).

به طور کلی ماهیان تریپلوئید در تعدادی از صفات از ماهیان دیپلوئید متفاوت هستند که برخی از این صفات عبارت‌اند از تریپلوئیدها معمولاً هتروزیگوت هستند، سلول‌های آن‌ها در بافت‌های مختلف اندازه بزرگ تری دارند و توسعه گنادی آن‌ها تا حدودی مختل شده است. ماهیان تریپلوئید دارای گلبول قرمز (Erythrocytes) بزرگ تر نسبت به دیپلوئید هستند، اما تعداد گلبول‌های قرمز برای حفظ هماتوکریت در سطح دیپلوئید کاهش پیدا کرده است. از آنجایی که نسبت سطح به حجم کاهش پیدا می‌کند (به‌دلیل افزایش اندازه سلولی) سطح عملکردی گلبول قرمز برای تبادل گاز می‌تواند ظرفیت هوایی (تبادل اکسیژن) را در ماهیان تریپلوئید کاهش دهد (آخان و همکاران، ۲۰۱۱).

تفاوت عمده بین دو گروه دیپلوئید و تریپلوئید عمدتاً در اندازه هسته مخصوصاً در قطر بزرگ هسته است. برخی از هسته‌ها نیز دارای ناهنجاری بوده و به شکل‌های چند تکه و دمبلی دیده می‌شوند. مقایسه ابعاد گلبول‌های قرمز خصوصاً در سایز قطر بزرگ هسته جهت تشخیص تریپلوئید از دیپلوئید استفاده شده است. همچنین کاهش تعداد گلبول‌های قرمز در تریپلوئید نسبت به دیپلوئید و افزایش اندازه آن‌ها در تحقیقات مشخص شده است (درافشان، ۲۰۰۷). این ناهنجاری‌ها عمدتاً شامل افزایش فراوانی گلبول‌های قرمز بدون هسته، گلبول‌های قرمز با هسته

دانشگاه صنعتی اصفهان اجرا شد. القای تریپلوئیدی بر تخم‌های لقاح‌یافته قزل‌آلای رنگین‌کمان از گله ایرانی در شرایط دمای انکوباسیون ۱۱ درجه سانتی‌گراد، پس از طی ۱۰ دقیقه از زمان لقاح با استفاده از شوک حرارتی ۲۸ درجه سانتی‌گراد، به مدت ۱۰ دقیقه انجام شد (اسکیرو و تورگارد، ۱۹۸۳). گروه دیپلوئید برای هر دو گونه ماهی آزاد دریای خزر و قزل‌آلای رنگین‌کمان، از همان گروه تخم‌های لقاح‌یافته، بدون اعمال شوک حرارتی مورد استفاده قرار گرفت. شرایط نگهداری در طی دوره انکوباسیون برای هر سه گروه (دو گروه دیپلوئید و یک گروه هیبرید تریپلوئید) یکسان و مطابق با شرایط قابل قبول پرورشی قزل‌آلای رنگین‌کمان بود. ماهیان دیپلوئید و آمیخته تریپلوئیدی در دو مخزن به ابعاد $0.7 \times 1.5 \times 1.5$ متر با تراکم یکسان در ترفاه‌های پرورشی دانشگاه صنعتی اصفهان نگهداری شدند. پس از رسیدن لاروها به مرحله شنای فعال، تعداد ۱۰ قطعه لارو (میانگین وزن ۱۰۰ میلی‌گرم) در قزل‌آلای رنگین‌کمان، ماهی آزاد و ماهی آمیخته تریپلوئید به‌منظور تهیه گسترش خونی از طریق قطع ساقه دم یا سر از ناحیه آبشش مورد استفاده قرار گرفتند (درافشان و همکاران، ۲۰۰۸).

سنجش ویژگی‌های خون‌شناسی: برای بررسی ویژگی‌های خون‌شناسی در هر نمونه، گسترش خونی با پراکندن یک قطره خون کامل بر لام و سپس تثبیت آن با متانول و رنگ‌آمیزی با گیمسای ۱۰ درصد رقیق‌شده تهیه شد. سپس تصویربرداری از گسترش‌های خونی با استفاده از میکروسکوپ نوری مدل Nikon (Germany) صورت گرفت و ابعاد گلبولی با استفاده از نرم‌افزار Image tools (نسخه ۳-۱) اندازه‌گیری شد. با استفاده از تصاویر تهیه شده از گسترش‌های خونی، محورهای کوچک و بزرگ سلول گلبول قرمز و هسته آن‌ها در ۴۰ عدد گلبول

در حال تقسیم، موقعیت غیرطبیعی هسته (Dislocated nucleus)، وجود ریزهسته‌ها در سیتوپلاسم و یا سلول در حال تقسیم یا دمبلی‌شکل است (درافشان و همکاران، ۲۰۰۸؛ و لاسوو و همکاران، ۲۰۰۸).

افزایش ناهنجاری‌های سلول‌های خونی در انواع آبزیان دستکاری شده کروموزومی (تریپلوئید) در مقایسه با انواع دیپلوئید در گونه‌های مختلف از جمله قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) (ویرتانن و همکاران، ۱۹۹۰؛ یاماموتو و آیدا، ۱۹۹۴)، لای ماهی (*Tinca tinca*) (اسووبودووا و همکاران، ۱۹۹۸)، ماهی آزاد اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) (کوگزول و همکاران، ۲۰۰۲)، ماهی خاویاری بینی کوتاه (*Acipenser brevirostrum*) (بیبا و همکاران، ۲۰۰۲) و ماهی آزاد دریای خزر (*S. trutta caspius*) (درافشان و همکاران، ۲۰۰۲) مورد توجه قرار گرفته است. با این وجود اطلاعات اندکی در مورد ویژگی‌های خون‌شناسی ماهی آزاد دریای خزر و بخصوص آمیخته‌های این گونه با قزل‌آلای رنگین‌کمان در دسترس است.

با توجه به اهمیت فوق‌العاده شکل و اندازه سلول‌های خونی در تنفس و انتقال اکسیژن و دی‌اکسیدکربن، ایمنی و نقل و انتقال مواد مغذی به سلول‌های بدنی و دفع مواد زائد، این مطالعه به بررسی و مقایسه برخی صفات خون‌شناسی ماهی آزاد دریای خزر، ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان و نیز تریپلوئید آمیخته حاصل از این دو گونه پرداخته است. این قبیل اطلاعات می‌تواند تکمیل‌کننده دانش ما در زمینه امکان پرورش متراکم و اقتصادی آمیخته‌های دیپلوئید و تریپلوئید این دو گونه باشد.

مواد و روش‌ها

نگهداری مولدین، تهیه نتاج دیپلوئید و آمیخته تریپلوئید: این تحقیق در مزرعه شیلات واقع در

قرمز توسط میکرومتر و میکروسکوپ نوری اندازه‌گیری شد (بنفی و همکاران، ۱۹۸۴).

مساحت (S) (سزاکی و همکاران، ۱۹۹۱) و حجم (V) (لموینه و اسمیت، ۱۹۸۰) هسته یا سلول از طریق معادله‌های زیر محاسبه گردید:

$$S = A \times B \times 3.14/4$$

$$V = (A/2) \times (B/2)^2 \times 3.14 \times 4/3$$

در این روابط A و B به ترتیب محور بزرگ و کوچک هسته یا گلبول هستند. به منظور مقایسه ناهنجاری‌های گلبولی، مشاهده گسترش‌های خونی با بزرگنمایی ۱۰۰۰ برابر (۱۰۰۰X) صورت گرفت. برای هر نمونه، تعداد ۱۰۰ عدد گلبول مورد بررسی قرار گرفت.

آنالیز آماری

نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف، مقایسه گروه‌ها با استفاده از آزمون ANOVA (گروه‌بندی آزمون دانکن) مورد سنجش قرار گرفت. تمامی مقایسه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار Excel (۲۰۱۰) و SPSS (نسخه ۱۸) در سطح معنی‌دار ۰/۰۱ یا ۰/۰۵ انجام شد.

نتایج

نتایج نشان داد آمیخته‌گری تریپلوئیدی منجر به

افزایش معنی‌دار در تمامی ابعاد گلبولی، نظیر محور بزرگ هسته و سلول، محور کوچک هسته و سلول، حجم و مساحت هسته و سلول در افراد آمیخته تریپلوئید نسبت به هر دو گروه والدینی یعنی ماهی آزاد دریای خزر و ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌شود. به طوری که محور کوچک سلول به ترتیب برای ماهی آزاد دریای خزر، قزل‌آلای رنگین‌کمان و آمیخته آن‌ها ($9/57 \pm 1/22$)، ($9/11 \pm 1/28$)، ($10/05 \pm 2/08$) و محور بزرگ سلول به ترتیب ($14/12 \pm 1/56$)، ($14/40 \pm 1/29$) و ($16/47 \pm 2/32$) به دست آمد. همچنین محور کوچک هسته به ترتیب برای ماهی آزاد دریای خزر، قزل‌آلای رنگین‌کمان و آمیخته آن‌ها ($3/07 \pm 1/04$)، ($3/02 \pm 0/82$)، ($3/22 \pm 0/84$) و محور بزرگ هسته به ترتیب ($5/62 \pm 1/66$)، ($5/25 \pm 1/28$) و ($6/50 \pm 1/28$) است. در تمامی اندازه‌گیری‌های انجام شده بین دو گونه ماهی آزاد دریای خزر با قزل‌آلای رنگین‌کمان تفاوت معنی‌داری دیده نشد ولی بین این دو گونه با گروه آمیخته تفاوت معنی‌دار مشاهده شد ($p < 0/05$; جدول ۱).

جدول ۱: مقایسه ابعاد گلبول‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان، ماهی آزاد دریای خزر و آمیخته بین آن‌ها

ویژگی‌های مورد بررسی (واحد)	آزاد دریای خزر	قزل‌آلای رنگین‌کمان	آمیخته (هیبرید)
محور کوچک سلول (μm)	$9/57 \pm 1/22^b$	$9/11 \pm 1/28^b$	$10/05 \pm 2/08^a$
محور بزرگ سلول (μm)	$14/12 \pm 1/56^b$	$14/40 \pm 1/29^b$	$16/47 \pm 2/32^a$
مساحت سلول (μm ²)	$103/07 \pm 0/17^b$	$102/86 \pm 1/22^b$	$104/14 \pm 0/15^a$
حجم سلول (μm ³)	$694/27 \pm 17/33^a$	$685/77 \pm 10/22^b$	$707/17 \pm 17/33^a$
محور کوچک هسته (μm)	$3/07 \pm 1/04^b$	$3/02 \pm 0/82^b$	$3/22 \pm 0/84^a$
محور بزرگ هسته (μm)	$5/62 \pm 1/66^b$	$5/25 \pm 1/26^b$	$6/50 \pm 1/28^a$
مساحت هسته (μm ²)	$13/54 \pm 0/22^b$	$13/68 \pm 0/22^b$	$16/43 \pm 0/22^a$
حجم هسته (μm ³)	$9/02 \pm 0/55^b$	$9/12 \pm 0/66^b$	$10/95 \pm 0/66^a$

در هر ردیف، مقادیر دارای یک حرف مشترک، فاقد تفاوت معنی‌دار هستند.

و نسبت به قزل‌آلای رنگین‌کمان $1/03$ و میزان افزایش محور کوچک هسته نسبت به ماهی آزاد $1/04$ و نسبت به قزل‌آلای رنگین‌کمان $1/06$ بود ($p < 0/05$). مساحت و حجم سلول در اثر آمیخته‌گری نسبت به ماهی آزاد به ترتیب $1/03$ و $1/01$ و نسبت به قزل‌آلای رنگین‌کمان به ترتیب $1/01$ و $1/03$ برابر افزایش پیدا کرد. این میزان برای مساحت و حجم هسته تا حدودی بیشتر و نسبت به ماهی آزاد معادل $1/21$ برای هر دو صفت و نسبت به قزل‌آلای رنگین‌کمان $1/22$ برای هر دو صفت افزایش پیدا کرده بود ($p < 0/05$; جدول ۲).

در ادامه نسبت‌های طول‌های اندازه‌گیری شده در گروه آمیخته تریپلوئید نسبت به دو گروه ماهی آزاد دریای خزر و ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان محاسبه گردید. مطابق نتایج ارائه شده در جدول ۲، محور بزرگ سلول در گلبول قرمز گروه آمیخته نسبت به ماهی آزاد $1/16$ برابر و نسبت به قزل‌آلای رنگین‌کمان $1/14$ برابر افزایش نشان می‌دهد. در مورد محور بزرگ هسته نیز در گلبول قرمز افراد آمیخته تریپلوئید نسبت به ماهی آزاد $1/15$ و نسبت به قزل‌آلای رنگین‌کمان $1/23$ برابر افزایش دارد. در حالی که میزان افزایش محور کوچک سلول نسبت به ماهی آزاد $1/05$

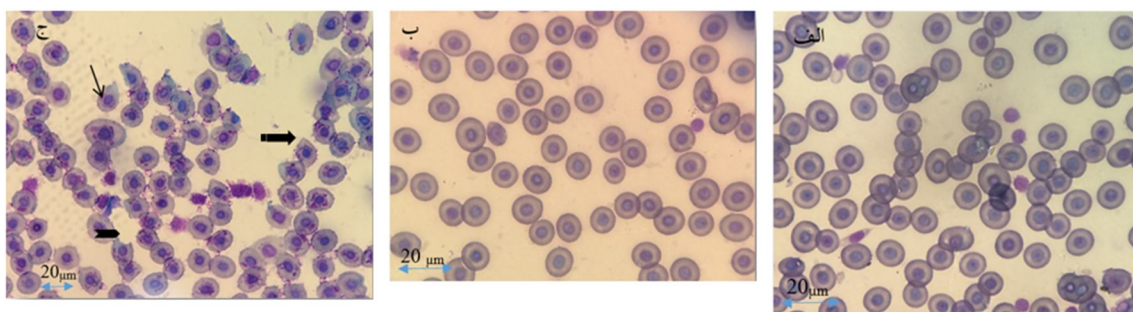
جدول ۲: مقایسه نسبت افزایش ابعاد گلبول‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان، ماهی آزاد دریایی خزر و آمیخته بین آن‌ها

ویژگی‌های مورد بررسی (واحد)	نسبت ماهی آمیخته به ماهی آزاد	نسبت ماهی آمیخته به قزل‌آلای
محور کوچک سلول (μm)	$1/05$	$1/03$
محور بزرگ سلول (μm)	$1/16$	$1/14$
مساحت سلول (μm^2)	$1/03$	$1/01$
حجم سلول (μm^3)	$1/01$	$1/03$
محور کوچک هسته (μm)	$1/04$	$1/06$
محور بزرگ هسته (μm)	$1/15$	$1/23$
مساحت هسته (μm^2)	$1/21$	$1/22$
حجم هسته (μm^3)	$1/21$	$1/22$

در هر ردیف، مقادیر دارای یک حرف مشترک، فاقد تفاوت معنی‌دار هستند.

گلبول‌های دارای سیتوپلاسم ناقص است. سایر انواع ناهنجاری‌ها نظیر گلبول قرمز نارس یا نابالغ (Non-maturing cell)، موقعیت غیرطبیعی هسته و گلبول قرمز بدون هسته یا وجود ریزهسته‌ها به ندرت مشاهده شد. تمامی انواع ناهنجاری‌ها مورد اشاره در انواع دیپلوئید نیز مشاهده شد با این وجود فراوانی آن‌ها به طور چشم‌گیری نسبت به انواع آمیخته کمتر و بسیار ناچیز بود.

تأثیر آمیخته‌گری بر ناهنجاری‌های گلبولی:
مشاهدات گسترش‌های خونی تهیه شده از گروه‌های مختلف مورد مطالعه نشان می‌دهد که آمیخته‌گری منجر به افزایش معنی‌دار در انواع ناهنجاری‌های گلبول‌های قرمز شده است (شکل ۱). مهم‌ترین انواع ناهنجاری‌های گلبولی در ماهیان آمیخته شامل گلبول قرمز با اشکال شبیه به قطره‌های اشک (Poikilocytosis)، گلبول‌های قرمز با اندازه‌ای بزرگ‌تر از اندازه طبیعی (Macrocytosis) و



شکل ۱. اشکال گلبول قرمز خون. الف: ماهی آزاد دریای خزر، ب: قزل‌آلای رنگین‌کمان، ج: آمیخته تریپلوئیدی. فراوانی بیشتر ناهنجاری‌های گلبولی شامل گلبول‌های اشکی شکل (▶▶)، گلبول‌هایی با اندازه بزرگ‌تر از اندازه طبیعی (→) و گلبول دارای سیتوپلاسم ناقص (▶) در انواع آمیخته به وضوح بیشتر است.

بحث

از اثرات دیگر تریپلوئیدی برای سلول‌های اریتروسیت، تکه تکه شدن (Segmentation) هسته سلول می‌باشد (بنفی، ۱۹۹۹) که در این مطالعه نیز اما به میزان کم مشاهده گردیده است، این حالت در مطالعات انجام شده بر روی توربوت تریپلوئید (کال و همکاران، ۲۰۰۵)، قزل‌آلای نه‌ری (*Salvelinus fontinalis*) (ولاسوو و همکاران، ۲۰۰۴) نیز گزارش شده است. میلر و همکاران (۱۹۹۸) تکه تکه شدن هسته و ایجاد ریزهسته (*Micronuclei*) را به‌عنوان نتیجه تغییرات در ساختار و تعداد کروموزوم‌ها در ماهیان تریپلوئید می‌داند و کال و همکاران (۲۰۰۵) این حالت را ناشی از شوک حرارتی نیز می‌داند. ولاسوو و همکاران (۲۰۰۴) در مطالعه خود به افزایش حجم هسته اریتروسیت‌های قزل‌آلای نه‌ری (*S. fontinalis*) تریپلوئید اشاره کرده است. همچنین برخی از این اریتروسیت‌ها دارای هسته نامتعارف بودند به‌طوری که تکه تکه شدن هسته نیز دیده می‌شود که به‌طور معناداری در افراد تریپلوئید بالاتر از افراد دیپلوئید گزارش شده است. اگر چه یوکوته (۱۹۸۰) تقسیم منظم هسته اریتروسیت بالغ را به‌عنوان تکه تکه شدن تعریف کرده است و تا حدی طبیعی عنوان کرده است. وجود سلول‌های قرمز خون کوچک و فاقد هسته به نام اریتروپلاستید و وجود ریزهسته‌ها درون

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد ایجاد ماهیان آمیخته تریپلوئیدی منجر به افزایش معنی‌دار در تمامی ابعاد گلبول‌های قرمز، نظیر محور بزرگ هسته و سلول، محور کوچک هسته و سلول، حجم و مساحت هسته و سلول در افراد آمیخته تریپلوئید نسبت به هر دو گروه والدینی یعنی ماهی آزاد دریای خزر و ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌شود. در مطالعه انجام شده بر روی توربوت (*Scophthalmus maximus*)، تریپلوئیدی موجب افزایش اندازه اریتروسیت‌ها شده است. اما همان‌طور که در مطالعه ما نیز مشاهده شد، عنوان شده است که تمام ابعاد سلول به یک نسبت تحت تأثیر قرار نمی‌گیرند به‌طوری که در اریتروسیت‌های افراد تریپلوئید، محور بزرگ‌تر سلول بیشتر از محور کوچک‌تر افزایش یافته است (Cal et al., ۲۰۰۵). این حقیقت که محور بزرگ‌تر اریتروسیت‌ها در ماهیان تریپلوئید نسبت به محور کوچک‌تر به میزان بیشتری تحت تأثیر قرار می‌گیرد در گونه‌های دیگری از قبیل کپور علفخوار (*Ctenopharyngodon idella*) (واتندورف، ۱۹۸۶)، لوچ گلی (*Misgurnus mizolepis*) (کیم و همکاران، ۱۹۹۴) و ماهی آزاد دریای خزر (*S. trutta caspius*) (درافشان و همکاران، ۲۰۰۸) نیز گزارش شده است.

افراد تریپلوئید بالاتر از افراد دیپلوئید بود در حالی که میانگین محتوای هموگلوبین سلولی اریتروسیت‌های تریپلوئید بیشتر به دست آمده است که مشابه مطالعات بنفی و سوترلین (۱۹۸۴)، گراهام و همکاران (۱۹۸۵)؛ یاماموتو و آیدا (۱۹۹۴) و بنفی (۱۹۹۹) می‌باشد.

افزایش حجم اریتروسیت‌ها در ماهیان تریپلوئید منجر به کاهش نسبت سطح به حجم این سلول‌ها می‌شود که اثر مهمی بر فیزیولوژی ماهیان تریپلوئید دارد و در نهایت سطح کل در دسترس برای اتصال اکسیژن (گراهام و همکاران، ۱۹۸۵) کاهش می‌یابد و ممکن است میزان سطح در دسترس برای تبادلات مواد مغذی و یونی نیز تحت تأثیر قرار گیرد (کال و همکاران، ۲۰۰۵). بنفی (۱۹۹۹) این نکته را نیز مطرح می‌کند که نه تنها تغییرات اندازه بر تبادلات گازی در اریتروسیت‌ها اثرگذار است، تغییرات در شکل سلول و هسته سلول در ماهیان تریپلوئید نیز با افزایش فاصله، انتشار نیز تحت تأثیر قرار دهد.

سادلر و همکاران (۲۰۰۰) در مطالعه خود به نتایج متناقضی می‌رسد و بیان می‌کند که در ماهی آزاد اقیانوس اطلس (*S. salar*)، ماهیان تریپلوئید دارای اریتروسیت بزرگتر و تعداد کمتر، از لحاظ ظرفیت حمل اکسیژن تفاوتی با افراد دیپلوئید نشان ندادند و آن‌ها بیان می‌کنند که تلفات ماهیان تریپلوئید در مزارع پرورش ماهی به علت نقص سیستم خونی - تنفسی نمی‌باشد و ممکن است عوامل دیگری دخیل باشند.

نتایج این مطالعه تغییرات مرتبط با تریپلوئیدی در پارامترهای خون‌شناسی نشان می‌دهد که ممکن است فیزیولوژی ماهیان هیبرید حاصل از ماهی آزاد دریای خزر و قزل‌آلای رنگین‌کمان را تحت تأثیر قرار دهد. به‌طور تئوریک و آزمایشگاهی اثرات زیست‌شناسی را به سلول‌های بزرگتر در تریپلوئیدها نسبت داده‌اند (سادلر و همکاران، ۲۰۰۰). به طور مثال، عنوان شده

اریتروسیت‌ها در برخی مطالعات به‌عنوان اثرات ایجاد تریپلوئیدی گزارش شده است (ولاسو و همکاران، ۲۰۰۴؛ درافشان و همکاران، ۲۰۰۸). از آنجایی که تریپلوئیدها به‌عنوان سلول‌های پلی‌پلوئید مطرح هستند، به طول بالقوه در طول تقسیم سلولی نسبت به سلول‌های دیپلوئید در معرض صدمات و خسارات ژنتیکی بیشتری قرار دارند (استرانجاک - پروویک و همکاران، ۲۰۰۳).

افزایش حجم هسته و سلول‌های اریتروسیت در افراد تریپلوئید به‌طور تئوریک طبیعی عنوان شده است و این‌گونه بیان شده است که این قبیل سلول‌ها دارای مجموعه کروموزومی مازادی هستند بنابراین ۵۰ درصد DNA بیشتری را حمل می‌کنند، این افزایش حجم در مطالعه ما نیز گزارش و مستند گردیده است و در مطالعه کال و همکاران (۲۰۰۵) نیز افزایش حجم سلول‌های اریتروسیت تریپلوئید گزارش شده است. باید این نکته مدنظر قرار گیرد که در ماهیان تریپلوئید افزایش اندازه سلول‌های خونی باعث کاهش تعداد آن‌ها می‌شود و در حالی که هماتوکریت ماهیان تریپلوئید نسبت به افراد دیپلوئید کمتر می‌باشد که در مطالعات مختلف (بنفی و سوترلین، ۱۹۸۴؛ فلیپ و همکاران، ۲۰۰۱؛ کال و همکاران، ۲۰۰۵؛ درافشان و همکاران، ۲۰۰۸) گزارش شده است. این در حالی است که آخان و همکاران (۲۰۰۵) در مطالعه‌ای که بر روی تریپلوئید و دیپلوئید ماهی آزاد دریای سیاه (*Salmo labrax* Pallas, 1814) و قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) انجام داده‌اند گزارش دادند که تفاوت مهمی در سطح هماتوکریت دو گروه تریپلوئید و دیپلوئید این‌گونه وجود ندارد و دلیل این عدم تفاوت را افزایش اندازه سلول‌های خونی همراه با کاهش تعداد آن‌ها عنوان کردند که در نهایت میزان هماتوکریت خون ثابت باقی می‌ماند. در مطالعه آن‌ها حجم متوسط سلول‌های قرمز خون در

معنی‌داری نشان دادند؛ همچنین ناهنجاری‌های ریختی در سلول‌های قرمز در گروه تریپلوئید بیشتر از ماهیان دیپلوئید بود. با توجه به نتایج مطالعه می‌توان کرد که تریپلوئیدی تغییرات مهمی در فاکتورهای خونی ماهیان ایجاد می‌کند که در نهایت می‌تواند پاسخ‌های استرسی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و بنابراین شرایط سلامتی، رشد و بقاء ماهیان آمیخته تریپلوئید را می‌تواند تحت تأثیر قرار دهد. این اطلاعات می‌تواند از منظر ترویجی برای توسعه پرورش ماهیان دستکاری شده کروموزومی مورد استفاده قرار گیرد.

است که این گروه از ماهیان در شرایط کمبود اکسیژن بسیار آسیب‌پذیر هستند که به دلیل میزان ایتروسیت کمتر می‌باشد و شرایطی از قبیل کیفیت آب، جیره غذایی مصرفی، ظرفیت تنظیم اسمزی، سلامت ایمنولوژیک، و حتی رفتار می‌تواند استرس مزمن (chronic) در ماهی ایجاد نماید (بنفی، ۱۹۹۹). نتایج حاصل از مطالعه نشان می‌دهد که بسیاری از صفات سلولی از قبیل محور بزرگ هسته و سلول، محور کوچک هسته و سلول، حجم و مساحت هسته به جز حجم سلول بین دو گروه قزل‌آلای رنگین‌کمان و ماهی آزاد دریای خزر تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند ولی گروه تریپلوئید با دو گروه مذکور تفاوت

منابع

- Akhan, S., Serezli, R., and Sonay, F.D. 2011. Hematology of Diploid and Triploid Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*), Black Sea Trout (*Salmo labrax* Pallas, 1814), and their F1 Hybrids. *Isr. J. Aquacult-Bamid*. 63(577): 1-7.
- Benfey T.J. 1999. The physiology and behavior of triploid fishes. *Rev. Fish. Biol. Fish.* 7: 39-67.
- Benfey, T.J., and Sutterlin, A.M. 1984. The haematology of triploid landlocked Atlantic salmon, *Salmo salar*, L.J. *Fish Biol.*, 24: 333-338.
- Beyea, M.M., Benfey, T.J., and Kieffer, J.D. 2005. Haematology and stress physiology of juvenile diploid and triploid shortnose sturgeon (*Acipenser brevirostrum*). *Fish. Physiol. Biochem.*, 31: 303-313.
- Cal, R.M., Vidal, S., Camacho, T., Piferrer, F., and Guitian, F.J. 2005. Effect of triploidy on turbot haematology. *Comp. Biochem. Physiol. A*. 141: 35-41.
- Cogswell, A.T., Benfey, T.J., and Sutterlin, A.M. 2002. The haematology of diploid and triploid transgenic Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Fish. Physiol. Biochem.*, 24: 271-277.
- Dorafshan, S. 2007. Chromosomal manipulation of Caspian Salmon and Rainbow trout and Growth Comparison in F1 Generation. Ph.D Thesis. Tarbiat Modares University, Iran.
- Dorafshan, S., Kalbassi, M.R., Pourkazemi, M., Amiri, B.M., and Karimi, S.S. 2008. Effects of triploidy on the Caspian salmon *Salmo trutta caspius* haematology. *Fish. Physiol. Biochem.*, 34: 195-200.
- Felip, A., Piferrer, F., Zanuy, S., and Carrillo, M. 2001. Comparative growth performance between diploid and triploid sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) over the first four spawning seasons. *J. Fish. Biol.*, 58: 76-88.
- Graham, M.S., Fletcher, G.L., and Benfey, T.J. 1985. Effect of triploidy on blood oxygen content of Atlantic salmon. *Aquaculture*. 50: 133-139.
- Kim, D.S., Jo, J.Y., and Lee, T.Y. 1994. Induction of triploidy in mud loach (*Misgurnus mizolepis*) and its effect on gonadal development and growth. *Aquaculture.*, 120: 263-270.
- Lemoine, L.H., and Smith, T.L. 1980. Polyploidy induced in brook trout by cold shock. *Tran. Am. Fish. Soc.*, 109: 626-631.
- Miller, B., Potter-Locher, F., Seelbach, A., Stoppper, H., Utesch, D., and Madle,

- S. 1998. Evaluation of the in vitro micronucleus test as an alternative to the in vitro chromosomal aberration assay: position of the GUM working group on the in vitro micronucleus test. *Mutat. Res.*, 410: 81–116.
14. O'Keefe, R., Stillwell, E., and Benfey, T.J. 2000. The effect of transportation and handling on the haematology of diploid and triploid Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquac. Assoc. Canada. Spec. Publ.*, 4: 25–27.
15. Sadler, J., Wells, R.M.G., Pankhurst, P.M., and Pankhurst, N.W. 2000. Blood oxygen transport, rheology and haematological responses to confinement stress in diploid and triploid Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture.*, 184: 349–361.
16. Scheerer, P.D., and Thorgaard, G.H. 1983. Increased survival in salmonid hybrids by induced triploidy. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 40: 2040–2044.
17. Sedgwick, S.D. 1995. Trout farming handbook, 5th edn. Fishing News Books, Alden Press, Oxford.
18. Sezaki, K., Watabe, S., Tsukamoto, K., and Hashimoto, K. 1991. Effects of increase in ploidy status on respiratory function of ginbuna, *Carassius auratus langsdorfi* (Cyprinidae). *Comp. Biochem. Physiol.*, 32: 123–127.
19. Strunjak-Perovic, I., Coz-Rakovac, R., and Topic-Popovic, N. 2003. Micronucleus occurrence in diploid and triploid rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). *Vet. Med. Czech.*, 48: 215–219.
20. Svobodova, Z., Kolarova, J., and Flajshans, M. 1998. The first finding of the differences in complete blood count between diploid and triploid tench, *Tinca tinca* L. *Acta. Vet. Brno.*, 67: 243–248.
21. Virtanen, E., Forsman, L., and Sundby, A. 1990. Triploidy decreases the aerobic swimming capacity of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Comp. Biochem. Physiol.*, 96A: 117–121.
22. Wattendorf, R.J. 1986. Rapid identification of triploid grass carp with a Coulter Counter and Channelizer. *Prog. Fish. Cult.*, 48: 125–132.
23. Własow, T., Kuzminski, H., Woznicki, P., and Ziomek, E. 2004. Blood cell alteration in triploid brook trout *Salvelinus fontinalis* (Mitchill). *Acta. Veterinaria. Brno.*, 73(1): 115–118.
24. Yamamoto, A., and Iida, T. 1994. Haematological characteristics of triploid rainbow trout. *Fish. Pathol.*, 29: 239–243.
25. Yokote, M. 1982. Vascular system. In: Hibiya T. (ed.) an atlas of fish histology normal and pathological features, Gustav Fischer Verlag. Stuttgart. 58-73.

