تأثیر مکمل سلنیت سدیم در جیره غذایی بر عملکرد و فراسنجه‌های خون‌شناسی تاس‌ماهی سیبری (*Acipenser Baerii*) جوان

ندا صرامی فروشانی[1]، هومن رجبی اسلامی*[1]، سید عبدالمجید موسوی[2]، حسین خارا[3]، سیامک یوسفی سیاهکلرودی[4]

[1]گروه شیلات، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

[2]گروه علوم دامی، واحد ورامین-پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.

[3]گروه شیلات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران.

[4]گروه زیست‌شناسی، واحد ورامین-پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.

*نویسنده مسئول rajabi.h@srbiau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۲/۲۸

چکیده

سلنیوم یکی از عناصر کم‌مقدار ضروری برای حفظ سلامت ماهیان است. پژوهش حاضر به‌بررسی تأثیر سلنیت سدیم بر بقا، رشد و برخی ویژگی‌های خون شناسی مرتبط با گلبول‌های قرمز تاس‌ماهی سیبری جوان پرداخته است. تعداد ۳۰۰ قطعه تاس‌ماهی سیبری (میانگین وزن اولیه ۰/۵±۱۰/۰ گرم) به‌طور کاملاً تصادفی در پنج تیمار و هشت هفته با سطوح صفر (شاهد)، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۸ و ۱/۶ میلی‌گرم سلنیت سدیم به‌ازای هر کیلوگرم جیره غذایی تغذیه شدند افزودن سلنیت سدیم به شکل معنی‌داری وزن نهایی و نرخ رشد روزانه را افزایش داده و به‌ترتیب به مقادیر ۰/۶۸±۲۵/۶۳ گرم و ۱/۰±۲۲/۰۷ درصد روزانه در ماهیانی رساند که با جیره حاوی ۱/۶ میلی‌گرم سلنیت سدیم تغذیه شده بودند ($P<0/05$). ضریب تبدیل غذایی نیز پس از هشت هفته تغذیه ماهیان با سلنیت سدیم به شکل معنی‌داری کاهش یافته و به ۱/۰±۷۹/۱۰ در ماهیانی رسید که با ۱/۶ میلی‌گرم در هر کیلوگرم جیره غذایی تغذیه شده بودند ($P<0/05$). همچنین افزودن ۰/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم و بالاتر سلنیت سدیم در جیره غذایی به‌شکل معنی‌داری میزان هموگلوبین، هماتوکریت، تعداد گلبول‌های قرمز ماهیان را نسبت به تیمار شاهد افزایش داد ($P<0/05$). افزایش معنی‌داری نیز در غلظت متوسط هموگلوبین و غلظت متوسط هموگلوبین گلبولی ماهیان تغذیه نموده با ۰/۸ میلی‌گرم سلنیت سدیم در مقایسه با تیمار شاهد مشاهده شد ($P<0/05$). یافته‌های پژوهش حاضر در مجموع نشان داد مقدار ۱/۶ میلی‌گرم سلنیت سدیم در کیلوگرم جیره غذایی به‌عنوان بهترین سطح در زمانی معرفی می شود که رشد تاس ماهی سیبری مدنظر باشد، در حالی که مقدار ۰/۸ میلی‌گرم سلنیت سدیم در هر کیلوگرم جیره غذایی می‌تواند بهترین پاسخ در سنتز فراسنجه‌های خونی را ارائه نماید.

واژگان کلیدی: اریتروسیت، سلنیوم، نرخ رشد روزانه، تاس ماهی سیبری.

مقدمه

امروزه افزایش جمعیت جهان و نیاز به محصولات غذایی موجب قرار گرفتن آبزیان و فرآورده‌های حاصل از آن ها در بین مهمترین منابع تأمین پروتئینی شده است. ماهیان خاویاری از با ارزش‌ترین گونه های آبزیان پرورشی محسوب می شوند که به‌وا سطه خاویار و گو شت گران‌بهای آن‌ها از اهمیت پرور شی بسیار بالایی برخوردار هستند به‌طوری که پرورش تاس ماهیان در دنیا با رشدی روز افزون مواجه است (Chebanov and Billard, 2001; Falahatkar, 2018). گو نه تاس ماهی سیبری (*Acipenser Baerii*) یکی از مهمترین گو نه های پرور شی محسوب می شوند که مهاجرت محدودی را در آب‌های شیرین مناطق شمالی رو سیه و دریاچه بایکال به‌عنوان محل زندگی طبیعی خود نشان می‌دهد. این ماهی بومی آب‌های ایران نیست ولی تکثیر و پرورش آن با موفقیت در ایران انجام شده و روز به روز در حال گسترش است. با این وجود مطالعات کمی روی بهبود شرایط تغذیه و عوامل موثر بر رشد این گونه انجام شده است (Moazenzadeh

(*et al*. 2020

دســـت‌اندرکاران صـــنعت آبزی‌پروری همواره به‌دنبال یافتن ترکیباتی هستند که با افزودن آن‌ها به غذای آبزیان بتوان جیره‌ای تهیه نمود که هم نیازهای غذایی آن گونه را به بهترین شکل مرتفع سازد و هم از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد (Lall and Kaushik, 2021). مواد معدنی از جمله مواد غذایی هســـتند که تمایل به اســـتفاده از آن‌ها به‌دلیل تاثیر قابل ملاحظه بر ســـلامت و رشـــد آبزیان بســـیار مورد توجه قرار گرفته است (Oliva-Teles, 2012).

کمبود منابع پروتئینی جانوری برای استفاده در جیره غذای آبزیان و لزوم اســـتفاده از مواد غذایی با منشـــاء گیاهی از ســـوی دیگر و محدودیت این منابع غذایی از حیث مواد معدنی از سوی دیگر سبب شده که اســـتفاده از مواد معدنی در جیره غذایی آبزیان پراهمیت‌تر از گذشته گردد (Lall and Kaushik, 2021).

سلنیم یکی از مواد معدنی است که وجود آن در جیره غذایی تمام موجودات زنده ضـــروری اســـت (Cheng and Lei, 2017). این عنصـــر با تأثیر بر ســـیســـتم ایمنی غیراختصـــاصـــی آبزیان باعث بهبود شاخص‌های رشد، کاهش استرس و در نهایت افزایش بازدهی تولید می‌گردند (Roubach *et al*., 2019). با این وجود سلنیوم مثال منا سبی از یک پارادوکس تغذیه‌ای است که در مقادیر کم، ضروری بوده ولی در مقادیر بالاتر به یک عنصر سمی تبدیل می‌شود. این عنصر همچنین یکی از اجزای مهم ساخت پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک است (Iqbal *et al*., 2020). تأثیر سلنیوم بر سنتز آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نیز به‌خوبی ثابت شـــده اســـت (Rider *et al*., 2009). نشانه‌های کمبود سلنیوم در ماهیان نیز شامل کاهش فعایت آنزیم گلوتاتیون پراکســـیداز، اختلال در رشـــد، تخریب عضـــلات، ترشـــح موکوس، اختلال در فعالیت تولید مثلی و افزایش تلفات می‌گردد (Pacitti *et al*., 2015).

تحقیقـات مختلفی در رابطـه بـا تعیین میزان ســـلنیوم مـاهیـان پرورشـــی همچون قزل‌آلای رنگین کمـان (*Oncorhynchus mykiss*)، گربـه ماهی کانالی (*Ictalurus punctatus*) و تیلاپیا (*Oreochromis niloticus*) انجام شـــده که میزان مورد نیاز این ریزمغذی معدنی را بین ۰/۲۱ تا ۱/۱۸ میلی‌گرم در هر کیلوگرم از جیره غذایی برآورد نموده است (Durigon *et al*., 2019). نیاز به سلنیوم در آبزیـان علاوه بر گونـه، بـه مواردی همچون میزان اسیدهای چرب غیراشباع جیره، سطح ویتامین و نوع سلنیوم مورد استفاده نیز بستگی دارد. سلنیت سدیم و ســـلنات ســـدیم دو شـــکل معمول مورد اســـتفاده سلنیوم به شکل معدنی هستند در حالی که استفاده از ســـلنومتیونین و ســـلنیوســـیســـتئین نیز برای تهیه جیره‌های غذای‌ی آبزیان استفاده می شوند (Rider *et al*., 2009; Pacitti *et al*., 2016). در پژوهشی دیگر نیز به بررســـی اثرات ســـمی مقادیر بیش از حد این عنصر بر تاس ماهی سفید و سبز پرداخته شده است (De Riu, 2014).

علی‌رغم تحقیقات انجام شده در رابطه با تعیین سلنیوم مورد نیاز آبزیان، تاکنون پژوهشی در راستای تعیین مقدار این عنصـــر با اهمیت در فعالیت های فیزیولوژیک ماهیان خاویاری انجام نشـــده اســـت. از این‌رو، پژوهش حاضر به بررسی تأثیر مقادیر مختلف ســـلنیوم در محدوده غذایی مورد نیاز برای گونه‌های دیگر بر فراســـنجه های رشـــد و ویژگی های خون شناسی تاس ماهی سیبری جوان پرداخت.

مواد و روش ها

آماده‌ســـازی جیره غذایی: جیره غذایی پایه مورد اســـتفاده در این پژوهش بر اســـاس پیشـــنهاد Moazenzadeh و همکاران (۲۰۲۰) تهیه شـــد که ترکیب و آنالیز تقریبی آن در جدول ۱ ارائه شـــده است. کازئین (شرکت پگاه، تهران)، ژلاتین (شرکت فرآوری دارویی ژلاتین حلال، قزوین) و پودر ماهی (شـــرکت خزر کیلکا، انزلی، ایران) به‌عنوان منابع پروتئینی مورد اســـتفاده قرار گرفت. روغن ماهی

جدول ۱- اجزای جیره غذایی و آنالیز تقریبی جیره غذایی مورد استفاده برای تاس ماهی سیبری (Moazenzadeh *et al*., 2020).

ماده غذایی	مقدار (گرم در کیلوگرم)
کازئین	۴۰۹/۹۳
ژلاتین	۸۶/۲۹
پودر ماهی	۵۳/۹۴
آرد گندم	۱۳۴/۱۳
دکسترین	۷۵/۴۸
نشاسته ذرت	۱۰۳/۴۳
روغن ذرت	۶۷/۸۰
روغن ماهی	۵۹/۷۲
مکمل ویتامین[۱]	۴/۰۲
مکمل معدنی[۲]	۱/۱۴
آلفاسلولز	۴/۱۲
ترکیب شیمیایی	
ماده خشک	
پروتئین خام	۴۰/۰۰±۲/۱۰
چربی خام	۱۸/۰۵±۰/۹
خاکستر	۱۲/۰۰±۰/۱۶

[۱] مکمل ویتامینی (میلی‌گرم یا گرم در کیلوگرم مخلوط): تیامین، ۲۵ میلی‌گرم؛ ریبوفلاوین، ۴۵ میلی‌گرم؛ پیریدوکسین ا سید کلریدریک، ۲۰ میلی‌گرم؛ ویتامین B12، ۰/۱ میلی‌گرم، ویتامین K3، ۱۰ میلی‌گرم؛ اینوسیتول، ۸۰۰ میلی‌گرم، اسید پنتوتئیک، ۶۰ میلی‌گرم؛ اسید نیاسین، ۲۰۰ میلی‌گرم، اسید فولیک، ۲۰۰ میلی‌گرم؛ بیوتین، ۱/۲۰ میلی‌گرم، استات رتینول، ۳۲ میلی‌گرم؛ کوله‌کلسیفرول، ۵ میلی‌گرم؛ کولین کلراید، ۲۵۰۰ میلی‌گرم؛ اتوکسی‌کوین، ۱۵۰ میلی‌گرم؛ ویتامین C در مقدار ۱۷۷/۲۴؛ زیره گندم، ۱۴/۰۱۲ گرم. تمام ترکیبات با آلفاسلولز به اندازه‌ای مخلوط شدند که حجم آن‌ها به یک کیلوگرم برسد.

[۲] مکمل معدنی (میلی گرم در کیلوگرم مخلوط): بلوراید سدیم، ۲ میلی گرم؛ یدید پتاسیم، ۰/۸ میلی گرم؛ کلراید کوبالت یک درصد، ۵۰ میلی‌گرم؛ سولفات مس شش‌آبه، ۱۰ میلی‌گرم؛ سولفات آهن یک‌آبه، ۸۰ میلی‌گرم؛ سولفات روی یک‌آبه، ۵۰ میلی‌گرم؛ سولفات منگنز یک‌آبه، ۶۰ میلی‌گرم؛ سولفات منیزیم هفت‌آبه، ۱۲۰۰ میلی‌گرم؛ قسفات کلسیم یک‌آبه، ۳۰۰۰ میلی‌گرم؛ کلرید سدیم، ۱۰۰ میلی‌گرم. تمام ترکیبات با آلفاسلولز به اندازه‌ای مخلوط شدند که حجم آن‌ها به یک کیلوگرم برسد.

(شرکت خزر کیلکا، انزلی، ایران) و روغن ذرت (شرکت لادن، تهران، ایران) به‌عنوان منابع چربی مورد استفاده قرار گرفت. دکسترین (Sigma Chemical Co., Steinheim, Germany) و نشاسته ذرت (شرکت اطمینان هدف توس، مشهد، ایران) نیز به‌عنوان منابع کربوهیدرات تهیه شد. مکمل معدنی جیره غذایی بدون افزودن سلنیوم تهیه گردیده و به‌عنوان جیره شاهد در نظر گرفته شد. سایر جیره‌ها با افزودن ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶، ۰/۸ و ۱/۶ میلی‌گرم سلنیوم در شکل سلنیت سدیم به جای سلولز در جیره غذایی پایه تهیه شدند. انتخاب مقادیر سلنیوم جیره‌های آزمایشی بر اساس نیاز سایر گونه‌های ماهیان پرورشی (Pacitti *et al*., 2016; Liu *et al*., 2018; Iqbal *et al*., 2020) و حد سمیت تعیین شده برای سایر ماهیان خاوویاری صورت پذیرفت (De Riu *et al*., 2014). ترکیبات غذایی خشک ابتدا از الک درشت و سپس از الک ریزچشمه با اندازه چشمه توری کمتر از ۵۰۰ میکرومتر گذرانده شد تا مواد همگنی جهت تهیه جیره وجود داشته باشد. مواد غذایی پس از الک کردن به‌خوبی با یکدیگر مخلوط شدند. سلنیت سدیم نیز با مقدار کمی سلولز مخلوط و سپس به سایر اجزای غذایی افزوده شد. روغن‌های جیره در ادامه به آرامی به مخلوط اضافه شده و عمل اختلاط با اضافه کردن آب تا جایی ادامه پیدا کرد که یک خمیر یک دست آماده شود. غذای خمیری شکل سپس از یک چرخ گوشت عبور داده شده و یک غذای رشته‌ای تهیه گردید. این رشته‌ها در دمای

اتاق به مدت ۲۴ ساعت خشک و در پلاستیک‌های پلی‌اتیلنی مشکی بسته‌بندی گردیدند. تمام جیره‌های غذایی تا زمان مصرف در فریزر با دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

طراحی آزمایش: تعداد ۳۰۰ قطعه بچه ماهی تاس‌ماهی سیبری (*A. baerii*) با میانگین وزنی ۱۰/۰±۰/۵ گرم در این پژوهش از مرکز تکثیر و پرورش ماهیان خاویاری شهید بهشتی تهیه و به‌طور تصادفی با تراکم ۲۰ عدد در ۱۵ تانک پلی‌اتیلنی گرد به قطر ۱۶۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر با حجم آبگیری ۱۰۰۰ لیتر توزیع شدند. تمام تانک‌ها مجهز به سیستم هواده و تخلیه آب بودند که آن‌ها با تأمین دائمی جریان آب هر دو روز یک بار تعویض می شد. مقادیر اکسیژن محلول، درجه حرارت و pH آب طی دوره به‌ترتیب در محدوده ۷/۸ میلی‌گرم در لیتر، ۲۶-۱۸ درجه سانتی‌گراد و ۷/۸ کنترل شد. منبع آب مورد استفاده در این پژوهش نیز آب چاه بود. ماهیان برای دو هفته در این مخازن با جیره غذایی پایه تغذیه نمودند تا با شرایط پرورشی سازگار شوند. تانک‌ها در ادامه به‌صورت تصادفی در گروه‌های سه تایی انتخاب و هر گروه سه تایی با یکی از تیمارهای آزمایشی اختصاص یافت تا ماهیان در آن برای هشت هفته با جیره غذایی مربوطه تغذیه شوند. غذادهی به ماهیان روزانه سه مرتبه با دست سه وعده در ساعت‌های ۸:۰۰، ۱۳:۰۰ و ۱۸:۰۰ در حد سیری انجام گرفت. غذا خورده نشده در هر تانک در انتها جمع‌آوری و از وزن غذای داده شده به هر تیمار کسر گردید. شرایط غذادهی و محیط آزمایش دقیقا مشابه شرایط سازگاری ماهیان بود.

بررسی فراسنجه‌های رشد و کارایی: غذادهی ماهیان در پایان آزمایش به مدت ۲۴ ساعت جهت کاهش استرس ناشی از زیست‌سنجی قطع و ماهیان با استفاده از محلول پودر گل میخک (Syzygium aromaticum) به مقدار ۲۰۰ قسمت در میلیون بی‌هوش شدند. وزن کل تمام ماهیان در هر تانک به‌صورت انفرادی توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ گرم اندازه‌گیری شد تا شاخص‌های رشد و عملکرد تغذیه‌ای شامل میزان بازماندگی (SR)، وزن نهایی(FW)، نرخ رشد روزانه (DGC) و ضریب تبدیل غذایی (FCR) به کمک روابط زیر محاسبه تعیین شوند (Besharat and Rajabi Islami *et al*. 2021).

رابطه (۱): $DGC=100\times\left(\sqrt[3]{BW_f}-\sqrt[3]{BW_i}\right)/T$

رابطه (۲): $FCR=FI/WG$

رابطه (۳): $SR=100\times No._f/No._i$

که BW_f: برابر وزن نهایی (گرم)، BW_i: برابر وزن اولیه (گرم)، T: برابر زمان (روز)، WG: برابر وزن کسب شده (گرم)، FI: برابر غذای مصرفی (گرم)، $No._f$: برابر تعداد نهایی ماهیان و $No._i$: برابر تعداد اولیه ماهیان بودند.

بررسی فراسنجه‌های خون‌شناسی: شش عدد ماهی پس از زیست سنجی به صورت تصادفی از هر تانک جهت نمونه‌برداری خونی جدا شد. خون‌گیری از طریق ساقه دمی و با استفاده از یک سرنگ پلاستیکی پنج میلی‌لیتری پس از خشک کردن بدن ماهی با یک حوله تمیز انجام گرفت. نمونه‌های خون به‌دست آمده از ماهیان هر تانک به خوبی با یکدیگر مخلوط و به‌طور مستقیم (۱ میلی‌لیتر) به لوله‌های اپندرف حاوی هپارین جهت آزمایشات خون شناسی شامل اندازه‌گیری تعداد گلبول‌های قرمز (RBC)، درصد هماتوکریت و هموگلوبین منتقل شد (Roudsari *et al*., 2021).

میزان هموگلوبین خون ماهی با استفاده از روش رنگ‌سنجی سیانومت هموگلوبین اندازه‌گیری شد. گلبول‌های قرمز در این روش با استفاده از محلول درابکین لیز و هموگلوبین آن‌ها آزاد می‌شود و لذا تغییر رنگ حاصل شده متناسب با مقدار هموگلوبین موجود در نمونه است. مقدار جذب نوری در ادامه توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج ۵۴۶ نانومتر قرائت شد و مقدار هموگلوبین با استفاده از منحنی استاندارد محاسبه شد (Thrall *et al*.,

2012). مقدار هماتوکریت خون ماهیان با استفاده از لوله میکروهماتوکریت و به کمک خط کش هماتوکریت تعیین و به‌صورت درصد بیان گردید (Reagan *et al*., 2019).

نمونه خون جهت شمارش گلبول های قرمز با استفاده از محلول ریس درون پیپت ملانژور قرمز رقیق شده و گلبول های قرمز با لام هموسیتومتر شمارش گردید. بدین‌منظور خون حاوی ماده انعقاد به‌میزان ۰/۵ درجه درون پیپیت ملانژور مخصوص شمارش گلبول‌های قرمز پر شده و به کمک محلول رقیق کننده ریس تا درجه ۱۰۱ پر گردید. خون پس از اختلاط کامل درون پیپت به‌میزان چند قطره روی لام هموسیتومتر ریخته شد تا تعداد گلبول‌های قرمز پس از ثابت شدن سلول ها با بزرگنمایی ۴۰× شمارش شود. تعداد گلبول‌ها قرمز در ادامه با ضرب عدد به دست آمده در نسبت رقیق سازی به صورت تعداد در هر میلی مترمکعب ارائه گردید (Simmons, 1997).

شاخص‌های گلبول قرمز شامل حجم متوسط گلبولی (MCV) بر حسب فمتولیتر (fl)، غلظت متوسط هموگلوبین (MCH) بر حسب پیکوگرم (pg) و غلظت متوسط هموگلوبین گلبولی (MCHC) بر حسب گرم در دسی‌لیتر با استفاده از طریق ربطه‌های زیر به‌دست آمدند (Thrall *et al*., 2012).

رابطه (۴): $MCV=HCT/RBC\times10^5$

رابطه (۵): $MCH=Hb/RBC\times10^5$

رابطه (۶): $MCHC=100\times Hb/HCT$

که HCT: میزان هماتوکریت بر حسب درصد، RBC: تعداد گلبول های قرمز و Hb: برابر غلظت هموگلوبین بر حسب گرم در دسی‌لیتر بود.

تجزیه و تحلیل آماری: توزیع نرمال داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو–ویلک بررسی و مقایسه میانگین داده‌ها با توجه به نرمال بودن با استفاده از آنالیز تجزیه واریانس یک طرفه (One-way ANOVA) انجام گرفت. تعیین محل اختلاف معنی‌دار میانگین ها نیز با کمک آزمون تفاوت معنی‌دار صادقانه توکی (Tukey's HSD) در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. تجزیه و تحلیل کلیه داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۸ انجام شد و نتایج به صورت میانگین±انحراف معیار ارائه شدند.

نتایج

یافته های مربوط به بررسی عملکرد رشد و بقای تاس‌ماهی سیبری جوان در جدول ۲ ارائه شده است. کمترین نرخ بقای ماهیان در تیمار شاهد مشاهده شد که به شکل معنی‌داری پایین‌تر از نرخ بقای ماهیان پس از هشت هفته تغذیه با جیره حاوی مقادیر بالاتر از ۰/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم سلنیت سدیم بود ($P<0/05$)، هر چند که اختلاف معنی‌داری در میزان نرخ بقای ماهیان تغذیه نموده با مقادیر مختلف سلنیت سدیم به‌دست نیامد ($P>0/05$). اختلاف معنی‌داری نیز در میزان وزن نهایی ماهیان پس از هشت هفته تغذیه با مقادیر مختلف سلنیت سدیم مشاهده شد ($P<0/05$). بالاترین وزن نهایی در ماهیانی به‌دست آمد که با ۱/۶ میلی‌گرم سلنیت سدیم تغذیه شده بودند که این میزان به شکل معنی‌داری بالاتر از ماهیانی بود که جیره حاوی ۰/۴ و ۰/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم سلنیت سدیم تغذیه نموده بودند ($P<0/05$). همچنین وزن نهایی ماهیان پس از تغذیه با جیره حاوی ۰/۴ میلی‌گرم کیلوگرم درسلنیت سدیم بالاتر از ماهیانی بود که با مقادیر کمتر سلنیت سدیم تغذیه نموده بودند ($P<0/05$).

یافته‌های مشابهی در رابطه با نرخ رشد روزانه ثبت گردید به‌طوری که بالاترین میزان نرخ رشد روزانه در ماهیان به‌دست آمد که با ۱/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم سلنیت سدیم تغذیه کرده بودند. با این وجود اختلاف معنی‌داری در میزان این فراسنجه بین ماهیان تغذیه نموده با جیره های حاوی مقادیر کمتر

جدول ۲- فراسنجه‌های رشد تاس‌ماهی سیبری جوان تغذیه شده با سطوح مختلف سلنیت سدیم پس از هشت هفته*

تیمار	نرخ بقا (درصد)	وزن نهایی (گرم)	نرخ رشد روزانه (درصد روزانه)	ضریب تبدیل غذایی
شاهد	^{a}۸۶/۱±۶۷/۶۷	۲۰/۵۷±۰/۲۳^{a}	۰/۸۶±۰/۰۶^{a}	۲/۷۷±۰/۱۴^{a}
۰/۲میلی‌گرم	۹۳/۳۳±۱/۶۷^{ab}	۲۱/۰۴±۰/۰۳^{a}	۰/۹۰±۰/۰۳^{ab}	۲/۶۱±۰/۰۵^{a}
۰/۴میلی‌گرم	۹۸/۳۳±۱/۶۷^{b}	۲۳/۳۳±۰/۲۲^{b}	۱/۰۸±۰/۰۵^{bc}	۲/۱۰±۰/۰۸^{b}
۰/۸میلی‌گرم	۹۵/۰۰±۰/۰۰^{b}	۲۳/۸۳±۰/۰۹^{b}	۱/۰۹±۰/۰۳^{bc}	۲/۰۵±۰/۰۴^{b}
۱/۶میلی‌گرم	۹۸/۳۳±۱/۶۶^{b}	۲۵/۶۳±۰/۶۸^{c}	۱/۲۲±۰/۰۷^{c}	۱/۷۹±۰/۱۰^{b}

*حروف لاتین غیرمشترک در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح ۵ درصد است.

جدول ۳- فراسنجه‌های خونی تاس‌ماهی سیبری جوان تغذیه شده با سطوح مختلف سلنیت سدیم پس از هشت هفته*

تیمار	هموگلوبین (گرم در دسی‌لیتر)	هماتوکریت (درصد)	گلبول قرمز (هزار در میلی‌مترمکعب)	MCH (پیکوگرم)	MCV (فمتولیتر)	MCHC (گرم در دسی‌لیتر)
شاهد	۴/۳۷±۰/۰۳^{a}	۱۹/۴۷±۱/۸۶^{a}	۵۱۰/۰۷±۰/۴۹^{a}	۱۹/۵۳±۰/۱۸^{a}	۴۲۱/۱۷±۰/۵۸^{e}	۲۲/۴۰±۰/۲۵^{a}
۰/۲میلی‌گرم	۴/۴۷±۰/۰۳^{a}	۱۹/۹۷±۰/۰۷^{ab}	۵۲۳/۶۳±۰/۷۱^{c}	۲۲/۷۳±۰/۷۹^{ab}	۳۲۵/۱۳±۰/۱۴^{c}	۲۳/۹۷±۰/۰۶^{ab}
۰/۴میلی‌گرم	۴/۴۰±۰/۰۰^{a}	۲۰/۴۰±۰/۲۱^{b}	۵۲۰/۲۹±۰/۰۵^{b}	۲۶/۳۳±۲/۷۵^{ab}	۳۲۰/۵۰±۰/۳۰^{b}	۲۳/۲۰±۰/۲۰^{ab}
۰/۸میلی‌گرم	۵/۸۷±۰/۰۳^{c}	۲۳/۸۳±۰/۰۳^{c}	۵۸۶/۳۷±۰/۰۳^{e}	۲۷/۷۳±۱/۴۸^{b}	۲۸۴/۸۰±۰/۳۸^{a}	۲۵/۴۳±۰/۱۹^{b}
۱/۶میلی‌گرم	۵/۴۳±۰/۳۳^{b}	۲۳/۸۳±۰/۰۶^{c}	۵۷۸/۰۰±۰/۲۵^{d}	۲۸/۸۳±۰/۶۵^{b}	۲۸۸/۶۷±۰/۲۳^{a}	۲۳/۳۰±۱/۱۱^{ab}

*حروف لاتین غیرمشترک در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح ۵ درصد است. MCH برابر غلظت متوسط هموگلوبین، MCV برابر حجم متوسط گلبولی و MCHC نیز برابر غلظت متوسط هموگلوبین گلبولی است.

سلنیت سدیم به دست نیامد ($P<$۰/۰۵). پایین‌ترین میزان ضریب تبدیل غذایی با مقدار ۱/۷۹±۰/۱۰ در ماهیانی به‌دست آمد که با جیره حاوی ۱/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم سلنیت سدیم تغذیه کرده بودند که البته اختلاف معنی‌داری با مقدار به‌دست آمده در ماهیان تغذیه نموده با جیره حاوی ۰/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم سلنیت سدیم نشان نداد ($P>$۰/۰۵). همچنین اختلاف معنی داری در میزان ضریب تبدیل غذایی غذایی ماهیان در تیمار شاهد با ماهیان تغذیه نموده با ۰/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم سلنیت سدیم مشاهده نشد ($P>$۰/۰۵).

یافته ها نشان داد که اختلاف معنی داری در میزان هموگلوبین ماهیان بین تیمار های مختلف وجود دارد به‌طوری که بیشترین و کمترین میزان هموگلوبین به‌ترتیب با مقادیر ۴/۳۷±۰/۰۳ و ۵/۸۷±۰/۰۳ گرم در دسی لیتر در ماهیان تغذیه نموده با جیره غذایی پایه و جیره حاوی ۰/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم سلنیت سدیم به‌دست آمد (جدول ۳). همچنین یک روند افزایشی در میزان هماتوکریت پس از تغذیه با مقادیر مختلف سلنیت سدیم در پژوهش حاضر مشاهده گردید به‌طوری که مقدار آن در ماهیان تغذیه نموده با تیمار حاوی ۰/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم سلنیت سدیم به بالاترین میزان ۲۳/۸۳±۰/۰۳ درصد رسید، هرچند که این میزان اختلاف معنی داری با مقدار به‌دست آمده از این متغیر در ماهیان تغذیه نموده با جیره حاوی ۱/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم سلنیت سدیم نشان نداد ($P>$۰/۰۵). تعداد گلبول های قرمز نیز با یک روند افزایشی معنی‌دار به بالاترین مقدار خود در تیمار حاوی ۰/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم سلنیت سدیم

رسید. بیشترین غلظت متوسط هموگلوبین (MCH) با میزان ۰/۶۵±۲۸/۸۳ پیکوگرم در ماهیان تغذیه نموده با جیره حاوی ۱/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم سلنیت سدیم به‌دست آمد که البته اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارهای حاوی سلنیت سدیم نشان نداد ($P>0/05$). این در حالی است که کمترین مقدار حجم متو سط گلوبولی در ماهیان تغذیه نموده با جیره حاوی ۰/۸ میلی‌گرم سلنیت سدیم در کیلوگرم به‌دست آمد که به شکل معنی‌داری بیشتر در مقدار آن در ماهیان تغذیه نموده با تیمار پایه بود ($P<0/05$). بیشترین غلظت متوسط هموگلوبین گلبولی (MCHC) نیز در ماهیان تغذیه نموده با جیره حاوی ۰/۸ میلی‌گرم سلنیت سدیم در کیلوگرم به‌دست آمد که تنها دارای اختلاف معنی‌دار با میزان این متغیر در ماهیان تغذیه نموده با تیمار پایه بود ($P<0/05$).

بحث و نتیجه‌گیری

بالا بردن کیفیت محصول تولیدی و کاهش هزینه‌ها از جمله دغدغه‌های آبزی‌پروران است به‌طوری که همواره تلاش می‌گردد جیره غذایی مناسبی با حداقل قیمت تهیه شود تا بیشترین تأثیر را بر رشد و سلامت ماهی داشته باشد. رسیدن به وزن یک کیلوگرم یکی از مهمترین مراحل پرورش تاس ماهیان است که بیشترین میزان تلفات و هزینه‌های پروش را به‌خود اختصاص می‌دهد به‌طوری که سعی می‌شود کیفیت خوراک تولید شده با کمک انواع افزودنی‌های مختلف نظیر آنتی‌اکسیدان‌ها، ویتامین‌ها و مواد معدنی به شکلی بهبود یابد که بتواند نیاز ماهی را در شرایط پرورشی برطرف سازد (Ringø *et al*., 2010; Adel *et al*., 2016; Munir *et al*., 2016). سلنیوم عنصری کمیاب و ضروری برای ماهی است که رشد بسیاری از گونه‌ها را تحت تأثیر قرار داده است (Gatlin Iii and Wilson, 1984; Zhou *et al*., 2009, Elia *et al*., 2011; Le and Fotedar, 2014; Lin, 2014). لذا میزان سلنیوم در جیره به دلیل اثرات مستقیم آن بر تولید باید بر اساس نیاز ماهی باشد (El-Sharawy *et al*., 2021).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد تغذیه تاس ماهی سیبری جوان برای هشت هفته موجب افزایش درصد بقا تا ۱/۶۶±۹۸/۳۳ درصد در ماهیانی گردد که با بالاترین میزان سلنیت سدیم تغذیه نموده بودند. همچنین درصد بقاء با افزایش مقدار مکمل سلنیت سدیم در جیره غذایی افزایش یافت به گونه‌ای که تیمار ۱/۶، ۰/۸ و ۰/۴ میلیگرم سلنیت سدیم در کیلوگرم غذا به‌ترتیب بالاترین تأثیر را بر عملکرد بقاء بچه ماهیان تاس‌ماهی سیبری داشتند. این افزایش معنی‌دار درصد بقا که به شکل مشابهی در فیل ماهی نیز گزارش شده است (Arshad *et al*., 2011) می‌تواند به‌دلیل نیاز بالای تاس ماهیان به این عنصر برای بهبود سیستم ایمنی و کاهش استرس ناشی از تراکم باشد که منجر به افزایش بقای آن‌ها شده است. با این وجود یافته های حاضر با نتایج Safabakhsh و همکاران (۲۰۲۰)، متفاوت بود که تاثیر معنی‌داری از مصرف سلنیوم در بقای فیل ماهی گزار شد نکردند. چنین یافته‌های متناقضی در سایر گونه‌های پرورشی نیز مشاهده شده است به‌طوری که Wischhusen و همکاران (۲۰۱۹)، شاهد تاثیر معنی‌داری از مصرف سلنیوم بر بقای قزل‌آلای رنگین کمان را گزارش نمودند در حالی که Fontagné-Dicharry و همکاران (۲۰۲۰)، شاهد عدم تاثیر سلنیوم بر این گونه بودند. این اختلاف در یافته ها حتی در یک گونه مطالعاتی می تواند به عواملی همچون سن، تراکم نگهداری، شرایط پرورشی، وضعیت بهداشتی مزارع و حتی ذخایر بافتی سلنیوم پیش از شروع آزمایش بازگردد که منجر به ثبت نتایج مختلفی می گردند (Cheng *et al*., 2017; Durigon *et al*., 2019).

رشد یکی از جنبه‌های مهم زندگی آبزیان است که به‌علت اهمیت آن در تولید شاید بیش از سایر خصوصیات فیزیولوژیک ماهیان مورد بررسی قرار

گرفته است (Canosa and Bertucci, 2020). یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که فراسنجه‌های مرتبط با رشد تاس‌ماهی سیبری جوان پس از هشت هفته تغذیه به شکل معنی‌داری تحت‌تأثیر سلنیت سدیم قرار گرفتند به‌طوری که بالاترین وزن نهایی و نرخ رشد ویژه در ماهیانی مشاهده گردید که با جیره حاوی ۱/۶ میلی‌گرم سلنیت سدیم به ازای هر کیلوگرم جیره غذایی تغذیه نموده بودند. یافته‌های مشابهی نیز از تأثیر سلنیوم بر رشد در قزل‌آلای رنگین‌کمان (Nazari *et al*., 2017)، کپور علفخوار (Liu *et al*., 2018) و کپور معمولی (Saffari *et al*., 2017) است. Arthur و همکاران (۱۹۹۰)، بیان کردند که سلنیوم می‌تواند سنتز پروتئین و تری‌یودوتایرونین به‌عنوان یکی از دو هورمون مهم ترشحی غده تیروئید تحریک نموده و از این طریق موجب افزایش سنتز هورمون رشد گردند. بنابراین افزایش رشد تاس‌ماهی سیبری در تیمار حاوی ۱/۶ میلی‌گرم سلنیت سدیم در کیلوگرم جیره غذایی احتمالاً به‌دلیل سطح بالاتر هورمون رشد ماهی در تیمار فوق نسبت به ماهیان در تیمار شاهد است.

استرس‌های محیطی از جمله عواملی هستند که می‌توانند ضریب تبدیل غذایی را در آبزیان افزایش دهند (Roque d'Orbcastel *et al*., 2010; Wang *et al*., 2019). ضریب تبدیل غذایی تاس ماهیان تغذیه نموده با جیره حاوی مقادیر بالاتر از ۰/۲ میلی‌گرم سلنیت سدیم به‌شکل معنی‌داری کمتر از ماهیانی بود که از مقادیر کمتر سلنیت سدیم تغذیه نموده بودند که این نتایج یافته‌های Saffari و همکاران (۲۰۱۷)، روی کپور معمولی و نظری و همکاران (۲۰۱۷)، روی قزل‌آلای رنگین کمان هم‌خوانی دارد. به‌نظر می‌رسد مقدار مناسب سلنیوم می‌تواند محتوای پروتئین سلول‌های مخاطی روده را افزایش داده (Wang *et al*., 2013) که این افزایش موجب متابولیسم بهتر اجزای غذایی و در نهایت رشد بهتر ماهیان شود (Le *et al*., 2014). بنابراین میزان پایین‌تر ضریب تبدیل غذایی تاس‌ماهی سیبری در پژوهش حاضر پس از هشت هفته تغذیه با سلنیت سدیم می‌تواند به‌دلیل محتوای بالاتر پروتئین موجود در سلول‌های مخاطی روده آن‌ها باشد. البته بررسی‌های هیستوپاتولوژیک می‌تواند اطلاعات دقیق‌تری را در این زمینه ارائه نماید.

اضافه کردن مکمل سلنیوم به شکل سلنیت سدیم در جیره غذایی تاس‌ماهی سیبری جوان در این مطالعه باعث افزایش معنی‌دار پارامترهای خونی شامل میزان هموگلوبین، درصد هماتوکریت، تعداد گلبول‌های قرمز، میزان MCH و MCHC در مقایسه با جیره شاهد شد. مطالعات متعددی نقش سلنیوم را در بهبود شاخص‌های خونی گونه‌های مختلف ماهی بررسی کردند که از آن جمله آن‌ها می‌توان به افزایش درصد هماتوکریت در ماهی تیلاپیا هیبرید (El-Hammady *et al*., 2007)، تعداد گلبول قرمز میزان هموگلوبین و درصد هماتوکریت در گربه ماهی آفریقایی (Abdel-Tawwab *et al*., 2007) و همچنین ماهی ماهسر (Khan *et al*., 2017) اشاره نمود. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالای سلنیوم (Elia *et al*., 2011; Mansour *et al*., 2017; Fontagné-Dicharry *et al*., 2020) به احتمال فراوان پایداری دیواره گلبول‌های خونی قرمز و بقای آن‌ها را با محافظت از آن‌ها در برابر رادیکال‌های آزاد اکسیژن افزایش می‌دهد که قابلیت تخریب دیواره، همولیز سلولی و کم‌خونی را دارند. Le و همکاران (۲۰۱۴)، گزارش نمودند که افزایش سلنیوم در جیره غذایی موجب افزایش فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز گلبول‌های قرمز در سلطان ماهی دم‌زرد می شود که می‌تواند از این سلول‌ها در مقابل رادیکال های آزاد دفاع کند (Le *et al*., 2014). بنابراین افزایش تعداد گلبول‌های قرمز، سطح هماتوکریت و میزان هموگلوبین تاس‌ماهی جوان در این پژوهش با تغذیه از جیره غذایی حاوی مقادیر بالاتر از ۰/۴ میلی‌گرم سلنیت سدیم می‌تواند بیانگر شرایط سالم‌تر ماهیان در این تیمارها و امکان مقابله بهتر آن‌ها با شرایط استرس‌زای پرورش در

محیط های محصـــور پرورشـــی باشـــد که معمولاً با شـــرایط کمبود اکســـیژنی مواجه می‌شـــوند (Cech and Crocker, 2002).

در مجموعه یافته‌های پژوهش حا ضر ن شان داد ا ستفاده از سلنیت سدیم به‌عنوان مکمل معدنی در جیره غذایی می تواند مو جب بهبود رشـــد، کاهش ضـــریب تبدیل غذایی و بهبود شـــاخص های خونی مرتبط با گلبول های قرمز تاس ماهی ســـیبری جوان شـامل غلظت هموگلوبین، درصـد هماتوکریت، تعداد گلبول هـای قرمز و همچنین غلظـت متوســـط هموگلوبین و غل ظت متوســـط هموگلوبین گلبولی گرد ید. میزان ۰/۴ میلی گرم ســـلنیت ســـدیم در کیلوگرم جیره غذایی بر اسـاس این نتایج، بیشـترین تأثیر را بر بقا و ضـــریب تبد یل غذایی تاس ماهی سیبری جوان دارد در حالی که بالاترین وزن نهایی و نرخ ر شد روزانه در ماهیانی به ثبت ر سید که با ۱/۶ میلی گرم ســـلنیت ســـدیم در کیلوگرم جیره غذایی تغذ یه نموده بودند. بهترین مقادیر فراســـنجه های خونی مطالعاتی نیز پس از هشـــت هفته تغذیه تاس ماهی سیبری جوان با ۰/۸ میلی‌گرم سلنیت سدیم به ازای هر کیلوگرم جیره غذایی به‌د ست آمد. بر این اساس مقدار ۱/۶ میلی‌گرم سلنیت سدیم در کیلوگرم جیره غذایی به‌عنوان بهترین سطح در زمانی معرفی می شود که ر شد تاس‌ماهی سیبری مدنظر با شد، در حالی که مقدار ۰/۸ میلی‌گرم سلنیت سدیم در هر کیلوگرم جیره غذایی می‌تواند بهترین پاسخ در سنتز فراسنجه‌های خونی را ارائه نماید.

منابع

Abdel-Tawwab M., Mousa M.A., Abbass F.E. 2007. Growth performance and physiological response of African catfish, *Clarias gariepinus* (B.) fed organic selenium prior to the exposure to environmental copper toxicity. *Aquaculture* 272(1-4), 335-345.

Adel M., Yeganeh S., Dadar. M., Sakai M., Dawood M.A.O. 2016. Effects of dietary Spirulina platensis on growth performance, humoral and mucosal immune responses and disease resistance in juvenile great sturgeon (*Huso huso* Linnaeus, 1754). *Fish & Shellfish Immunology* 56. 436-444.

Arshad U., Takami G., Sadeghi M., Bai S., Pourali H., and Lee S. 2011. Influence of dietary L-selenomethionine exposure on growth and survival of juvenile *Huso huso*. Journal of Applied Ichthyology. 27(2). 761-765.

Arthur J.R., Nicol F. and Beckett G.J. 1990. Hepatic iodothyronine 5′-deiodinase. The role of selenium. *Biochemical Journal* 272(2), 537-540.

Besharat M., Rajabi Islami H., Soltani M., Mousav S. A. 2021. Effect of nanoliposomes coated with astaxanthin on growth performance indices and feed product efficiency of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Renewable Natural Resources* 12(1), 95-105.

Canosa L.F., Bertucci J.I. 2020. Nutrient regulation of somatic growth in teleost fish. The interaction between somatic growth, feeding and metabolism. *Molecular and Cellular Endocrinology* 518, 110-129.

Cech J.J., Crocker C.E. 2002. Physiology of sturgeon: effects of hypoxia and hypercapnia. *Journal of Applied Ichthyology* 18(4-6), 320-324.

Chebanov M., Billard R. 2001. The culture of sturgeons in Russia: production of juveniles for stocking and meat for human consumption. *Aquatic Living Resources* 14(6), 375-381.

Cheng W.H. and Lei X. G. 2017. Chapter 37 - Selenium: Basic Nutritional Aspects. Molecular, Genetic, and Nutritional Aspects of Major and Trace Minerals. J. F. Collins. Boston, Academic Press: 449-461.

De Riu N., Lee J.W., Huang Y.S.S., Moniello G., Hung S.S.O. 2014. Effect of dietary selenomethionine on growth performance, tissue burden, and histopathology in green and white sturgeon. *Aquatic Toxicology* 148, 65-73.

Durigon E.G., Kunz D.F, Peixoto N.C., Uczay J., Lazzari R. 2019. Diet selenium improves the antioxidant defense system of juveniles Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Brazilian Journal of Biology* 79(3), 527-532.

El-Hammady A., El-Kasheif M. and Ibrahim S. 2007. Synergistic reactions between vitamin E and selenium in diets of hybrid

32(5), 2610-2616.
Iqbal S., Atique U., Mughal M.S., Khan N., Haider M.S., Iqbal K., Akmal M. 2017. Effect of selenium incorporated in feed on the hematological profile of tilapia (*Oreochromis niloticus*). Journal of *Aquaculture Research & Development* 8(10), 1000513.
Khan K.U., Zuberi A., Nazir S., Ullah I., Jamil Z., Sarwar H. 2017. Synergistic effects of dietary nano selenium and vitamin C on growth, feeding, and physiological parameters of mahseer fish (Tor putitora). *Aquaculture Reports* 5, 70-75.
Lall S.P., Kaushik S.J. 2021. Nutrition and Metabolism of Minerals in Fish." Animals (Basel) 11(9).
Le K.T., Fotedar R. 2014. Bioavailability of selenium from different dietary sources in yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*). *Aquaculture* 420, 57-62.
Le K.T., Fotedar R., Partridge G. 2014. Selenium and vitamin E interaction in the nutrition of yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*): physiological and immune responses. *Aquaculture Nutrition* 20(3), 303-313.
Lin Y.-H. 2014. Effects of dietary organic and inorganic selenium on the growth, selenium concentration and meat quality of juvenile grouper Epinephelus malabaricus. *Aquaculture* 430, 114-119.
Liu L.W., Liang X.F., Li J., Fang J.G., Yuan X.C., Li J., Alam M.S. 2018. Effects of dietary selenium on growth performance and oxidative stress in juvenile grass carp *Ctenopharyngodon idellus*. *Aquaculture Nutrition* 24(4), 1296-1303.
Mansour A.T.-E., Goda A.A., Omar E.A., Khalil H.S., Esteban M.Á. 2017. Dietary supplementation of organic selenium improves growth, survival, antioxidant and immune status of meagre, *Argyrosomus regius*, juveniles. *Fish & Shellfish Immunology* 68, 516-524.
Moazenzadeh K., Rajabi Islami H., Zamini A., Soltani M. 2020. Quantitative dietary copper requirement of juvenile Siberian sturgeon, *Acipenser baerii*, and effects on muscle composition and some enzymatic activities. *Aquaculture Nutrition* 26(4), 1108-1118.
Munir M.B., Hashim R., Chai Y.H., Marsh T.L., Nor S.A.M. 2016. Dietary prebiotics and probiotics influence growth performance, nutrient digestibility and the expression of immune regulatory genes in snakehead (Channa striata) fingerlings. Tilapia (*Oreochromis niloticus* × *Oreochromis aureus*) and their effect on the growth and liver histological structure. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries* 11(1) 53-81.
El-Sharawy M.E., Hamouda M., Soliman A.A., Amer A.A., El-Zayat A.M., Sewilam H., Younis E.M., Abdel-Warith A.-W.A., Dawood M.A.O. 2021. Selenium nanoparticles are required for the optimum growth behavior, antioxidative capacity, and liver wellbeing of Striped catfish (Pangasianodon hypophthalmus). *Saudi Journal of bBiological Sciences* 28(12), 7241-7247.
Elia A.C., Prearo M.,. Pacini N,. Dörr A.J.M., Abete M.C. 2011. Effects of selenium diets on growth, accumulation and antioxidant response in juvenile carp. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 74(2), 166-173.
Falahatkar, B. 2018. Nutritional Requirements of the Siberian Sturgeon: An Updated Synthesis. The Siberian Sturge on (Acipenser baerii, Brandt, 1869) Volume 1 - Biology. P. Williot, G. Nonnotte, D. Vizziano-Cantonnet and M. Chebanov. Cham, Springer International Publishing pp: 207-228.
Farahnak Roudsari S., Rajabi Islami H., Mousavi S.A., Shamsaie Mehrgan M., 2021. Folic Acid-Coated Nanochitosan Ameliorated the Growth Performance, Hematological Parameters, Antioxidant Status, and Immune Responses of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Frontiers in Veterinary Science* 8.
Fontagné-Dicharry S., Véron V., Larroquet L., Godin S., Wischhusen P., Aguirre P., Terrier F., Richard N., Bueno M., Bouyssière B., Antony Jesu Prabhu P., Tacon S.J., Kaushik P. 2020. Effect of selenium sources in plant-based diets on antioxidant status and oxidative stress-related parameters in rainbow trout juveniles under chronic stress exposure. *Aquaculture* 529, 735684.
Gatlin Iii D.M.,Wilson R.P. 1984. Dietary selenium requirement of fingerling channel catfish. *The Journal of Nutrition* 114(3), 627-633.
Iqbal S., Atique U., Mahboob S., Haider M.S., H. Iqbal S., Al-Ghanim K.A., Al-Misned F., Ahmed Z., Mughal M. S. 2020. Effect of supplemental selenium in fish feed boosts growth and gut enzyme activity in juvenile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Journal of King Saud University - Science

aquaculture. FAO *Aquaculture Newsletter* (60), 55-56.

Safabakhsh M., Mohseni M., Bahri A., Mohammadizadeh F. 2020. Effect of dietary selenium on growth performance, survival rate and biochemical-blood profile of farmed juvenile beluga (*Huso huso*). *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 19(4), 2077-2088.

Saffari S., Keyvanshokooh S., Zakeri M., Johari S. A., Pasha-Zanoosi H. 2017. Effects of different dietar selenium sources (sodium selenite, selenomethionine and nanoselenium) on growth performance, muscle composition, blood enzymes and antioxidant status of common carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture Nutrition* 23(3), 611-617.

Simmons, A. 1997. Hematology: a combined theoretical and technical approach. Philadelphia, Saunders LTD.

Thrall, M. A., Weiser G., Allison R. W., Campbell T. W. 2012. Veterinary hematology and clinical chemistry. Hoboken, NJ, John Wiley & Sons.

Wang, X., Shen Z., Wang C., Li E., Qin J.G., L. Chen 2019. Dietary supplementation of selenium yeast enhances the antioxidant capacity and immune response of juvenile *Eriocheir sinensis* under nitrite stress. *Fish & Shellfish Immunology* 87, 22-31.

Wang, Y., Yan X., Fu L. 2013. Effect of selenium nanoparticles with different sizes in primary cultured intestinal epithelial cells of crucian carp, *Carassius auratus gibelio*. International Journal of Nanomedicine 8, 4007-4013.

Wischhusen, P., Parailloux M., Geraert P.-A., Briens M., Bueno M., Mounicou S., Bouyssiere B., Antony Jesu Prabhu P., Kaushik S. J., Fauconneau B., Fontagné-Dicharry S. 2019. Effect of dietary selenium in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) broodstock on antioxidant status, its parental transfer and oxidative status in the progeny. *Aquaculture* 507, 126-138.

Zhou, Y.-j., Zhang S.-p., Liu C.-w., Cai Y.-q. 2009. The protection of selenium on ROS mediated-apoptosis by mitochondria dysfunction in cadmium-induced LLC-PK1 cells. *Toxicology in Vitro* 23(2), 288-294.

Aquaculture 460, 59-68.

Nazari K., Shamsaie M., Eila N., Kamali A., Sharifpour I. 2017. The effects of different dietary levels of organic and inorganic selenium on some growth performance and proximate composition of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 16(1), 238-251.

Oliva-Teles A. 2012. Nutrition and health of aquaculture fish. Journal of Fish Diseace 35(2), 83-108.

Pacitti,D., Lawan M. M., Feldmann J., Sweetman J., Wang T., Martin S. A. M., Secombes C. J. 2016. Impact of selenium supplementation on fish antiviral responses: a whole transcriptomic analysis in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed supranutritional levels of Sel-Plex®. *BMC Genomics* 17(1), 116.

Pacitti D., Lawan M. M., Sweetman J., Martin S. A. M., Feldmann J., Secombes C. J. 2015. Selenium supplementation in fish: a combined chemical and biomolecular study to understand sel-plex assimilation and impact on selenoproteome expression in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *PloS one* 10(5), e0127041-e0127041.

Reagan W.J., Irizarry Rovira A.R.D.D.B. 2019. Veterinary hematology: atlas of common domestic and non-domestic species, 3rd edition. Hoboken, NJ, Wiley-Blackwell.

Rider S.A., Davies S.J., Jha A.N., Fisher A.A., Knight J., Sweetman J.W. 2009. Supra-nutritional dietary intake of selenite and selenium yeast in normal and stressed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Implications on selenium status and health responses. *Aquaculture* 295(3), 282-291.

Ringø E., Olsen R. E., Gifstad T., Dalmo R. A., Amlund H., Hemre G. I., Bakke A. M. 2010. Prebiotics in aquaculture: a review. Aquaculture Nutrition 16(2), 117-136.

Roque d'Orbcastel E., Lemarié G., Breuil G., Petochi T., Marino G., Triplet S., Dutto G., Fivelstad S., Coeurdacier J.-L., Blancheton J.-P. 2010. Effects of rearing density on sea bass (*Dicentrarchus labrax*) biological performance, blood parameters and disease resistance in a flow through system. *Aquatic Living Resource* 23(1), 109-117.

Roubach R., Menezes A., Oh K., Dabbadie L. 2019. Towards guidelines on sustainable

Effect of sodium selenite supplementation on survival, growth, and hematological parameters of juvenile Siberian sturgeon (*Acipenser Baerii*)

Yaser Neda Sarrami Foroushani[1], Houman Rajabi Islami[*1], Seyed Abdolmajid Mousavi[2], Hossein Khara[3], Siamak Yousefi Siahkalroodi[4]

[1]Department of Fisheries, Science and Research Branch, Islamic Azad University, P.O. Box: Tehran, Iran.
[2]Department of Animal Science, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.
[3]Department of Fisheries, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran.
[4]Department of Biology Science, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.
*Corresponding author: rajabi.h@srbiau.ac.ir
Received: 2022/2/3 Accepted: 2022/5/18

Abstract

Selenium is an important trace element for maintaining the fish health. This study aimed to investigate the effect of sodium selenite on survival, growth and some hematological factors relating to the red blood cells of Siberian sturgeon. Three hundred Siberian sturgeon with initial mean weight 10.0±0.5g were randomly distributed in five treatments with three replications and fed with different levels of sodium selenite including zero (control), 0.2, 0.4, 0.8 and 1.6 mg sodium selenite for eight weeks. The results showed that the sodium selenite supplementation significantly increased the final weight and daily growth coefficient of fish with the maximum values of 25.63±0.68 g and 1.22±0.07% d^{-1} in fish fed with 1.6 mg kg^{-1} sodium selenite (P<0.05). The feed conversion ratio was significantly decreased after eight weeks feeding with sodium selenite with minimum of 1.79±0.10 in fish fed with 1.6 mg kg^{-1} sodium selenite (P<0.05). furthermore, equal to or more than 0.8 mg kg^{-1} supplementation of sodium selenite significantly enhanced the hemoglobin content, hematocrit percentage, and red blood cells count compared to the control (P<0.05). In conclusion, findings of the present study illustrated that 0.4mg kg^{-1} supplementation of sodium selenite is the best level for maximizing the growth of Siberian sturgeon, while 0.8mg kg^{-1} sodium selenite supplementation provides the best response in the synthesis of blood cells.

Keywords: Daily growth coefficient, growth, red blood cells count, sodium selenite, Siberian sturgeon.