فیزیولوژی و بیوتکنولوژی آبزیان
سال هفتم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۸

مقاله پژوهشی

# تاثیر سطوح مختلف نانوذرات سلنیوم بر برخی شاخص‌های تولیدمثلی در مولدین نر ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

جواد مهدوی جهان‌آباد[۱]*، ابوالحسن راستیان‌نسب[۲]، علیرضا قائدی[۳]، رقیه محمودی[۴]، محمد میثم صلاحی اردکانی[۵]

تاریخ دریافت: تیر ۹۷ تاریخ پذیرش: آبان ۹۷

## چکیده

بهبود جیره غذایی مولدین نر قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) با نانو ذرات سلنیوم تاثیر زیادی بر شاخص‌های تولیدمثلی دارد. سلنیوم برای تولیدمثل جنس نر اهمیت زیادی دارد و کمبود و سطوح پایین آن ممکن است منجر به اختلالات تولیدمثلی مانند باروری ضعیف و عدم تکامل جنین شود. در این مطالعه اثرات سطوح مختلف نانوذرات سلنیوم بر شاخص‌های تولیدمثلی مولدین نر قزل‌آلای رنگین‌کمان بررسی شد. تعداد ۱۲۰ قطعه ماهی مولد نر ۴ ساله با میانگین وزن ۲/۳۷۵ کیلوگرم انتخاب شد. پس از سازگاری، ماهیان به چهار گروه آزمایشی (شاهد، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌گرم نانوذرات سلنیوم در کیلوگرم جیره) با سه تکرار تقسیم شدند. اختلاف معنی‌داری در نتایج طول کل مولدین نر مشاهده نشد. بیشترین درصد لقاح (۱/۶۰±۹۸/۱۷ درصد) در ماهیان تغذیه شده با ۲ میلی‌گرم نانوسلنیوم مشاهده شد که دارای اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها بود. بیشترین درصد چشم‌زدگی تخم‌ها مربوط به مولدین تیمار ۲ میلی‌گرم نانوسلنیوم در کیلوگرم جیره بود (۳/۰۰±۹۳/۹۳). میزان بازماندگی زاده‌ها نشان داد که با افزایش سطوح نانوذرات سلنیوم در مولدین نر یک روند افزایشی در میزان بازماندگی زاده‌ها وجود داشت. روند افزایشی درصد لقاح و چشم‌زدگی زاده‌ها در مولدین نر تغذیه شده با ۲ میلی‌گرم نانوذرات سلنیوم، تاثیر به سزایی در نتایج نهایی داشت.

**واژگان کلیدی:** *تولیدمثل، اسپرم، نانوذرات سلنیوم، لقاح، قزل‌آلای رنگین‌کمان.*

۱- کارشناس ارشد بخش تکثیر و پرورش آبزیان، مرکز تحقیقات ژنتیک و اصلاح نژاد ماهیان سردآبی شهید مطهری یاسوج، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران.
۲- مربی پژوهشی بخش ژنتیک و بیوتکنولوژی، مرکز تحقیقات ژنتیک و اصلاح نژاد ماهیان سردآبی شهید مطهری یاسوج، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران.
۳- استادیار پژوهشی بخش تکثیر وپرورش آبزیان، مرکز تحقیقات ژنتیک و اصلاح نژاد ماهیان سردآبی شهید مطهری یاسوج، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران.
۴- استادیار پژوهشی بخش ژنتیک و بیوتکنولوژی، مرکز تحقیقات ژنتیک و اصلاح نژاد ماهیان سردآبی شهید مطهری یاسوج، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران.
۵- دکتری بخش بهداشت و بیماری‌ها، مرکز تحقیقات ژنتیک و اصلاح نژاد ماهیان سردآبی شهید مطهری یاسوج، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران.
* نویسنده مسئول: mahdavejavad60@yahoo.com

**مقدمه**

عملکرد تولیدمثلی جانوران از جمله ماهیان به عوامل مختلفی از جمله ژنتیک، تغذیه، مدیریت و محیط زیست وابسته است (Kumar, 2003). استفاده از مواد معدنی کمیاب در جیره غذایی جانداران ضروری است چون حتی تغییر جزئی در سطوح این مواد تاثیر چشمگیری بر سلامت و عملکرد تولیدمثلی آن‌ها دارد (Hedaoo et al., 2008). سلنیوم ماده غذایی کمیاب و ضروری برای انسان‌ها و جانوران است که دارای عملکردهای فیزیولوژیک متعددی است. سلنیوم به عنوان جزئی از آنزیم‌های گلوتاتیون پراکسیداز و سلنوپروتئین‌ها نقش‌های متعددی از جمله دفاع آنتی‌اکسیدانی، باروری در هر دو جنس نر و ماده، متابولیسم تیروئید، سیستم ایمنی، سرطان، عملکرد غدد درون‌ریز، بیماری‌های قلبی عروقی و تکامل و عملکرد عضلات ایفا می‌کند (Ahsan et al., 2014). تغییر جزئی در سطوح سلنیوم ممکن است اثرات شدیدی به همراه داشته باشد.

سلنیوم مورد نیاز بدن موجودات زنده از طریق مواد غذایی تامین می‌شود. عنصر سلنیوم (Se) در سال ۱۸۱۷ کشف شد و در ابتدا تصور می‌شد که برای موجودات زنده سمی است تا این که مشخص شد سلنیوم موجب ساخت پروتئینی به نام سلنوسیستئین می‌شود (SeCys) که برای فرآیندهای طبیعی زندگی، ضروری است (Rotruck et al., 1973).

سلنیوم یک ریزمغذی شبه فلز در رژیم غذایی مورد نیاز ماهیان و سایر جانداران است و در محصول‌های گیاهی و جانوری به ویژه در غذاهای دریایی، جگر، حبوبات، زرده تخم‌مرغ، شیر، آب و خاک یافت می‌شود. سلنیوم موجود در صخره‌ها و خاک از طریق هوازدگی و فرسایش وارد محیط‌های آبی می‌شود. فعالیت های انسانی از جمله زهکشی آب‌های زیرسطحی، احتراق زغال سنگ و فعالیت‌های معدنی باعث تسریع رهاسازی سلنیم می‌شوند. (Davis et al., 1988).

از ویژگی‌های مهم ذرات نانومتری این است که حجم کمی دارند اما سطح زیادی را پوشش می‌دهند. همچنین، سطح فعالیت و بازده بالا، نقش کاتالیزوری، توانایی جذب بالا و از همه مهم‌تر ویژگی سمیت کم سلنیوم توجه گسترده‌ای را به خود جذب کرده است. دسترسی زیستی سلنیوم با اشکال متفاوت آن مرتبط است. در حال حاضر شکل معمول سلنیوم، سدیم سلنیت است که به عنوان یک

مکمل در خوراک جانوران استفاده می‌شود و شکل‌های آلی آن مانند مخمر غنی شده با سلنیوم، منبع سلنیوم تجاری مورد استفاده در خوراک دام در ایالات متحده آمریکا است (Federal Register, 2002).

از آنجا که مدت زمان تحرک اسپرم در ماهیان بسیار کوتاه است، در نتیجه لقاح باید در کوتاه‌ترین زمان ممکن صورت گیرد. از این رو، عوامل خارجی ممکن است بر توانایی تولیدمثلی تاثیرگذار شوند. علاوه بر این در صورتی که غلظت‌های این ماده از حد آستانه بالاتر رود، انتقال مادری این ماده به تخم‌ها ممکن است سبب بروز ناهنجاری و یا مرگ جنین شود. در میان اندام های تولیدمثلی، بیضه دارای بالاترین غلظت سلنیوم است که مقدار آن حتی از کبد نیز بیشتر است (Johari, 2014). غلظت سلنیوم نشان دهنده نقش محافظتی این عنصر کمیاب و آنزیم‌های مرتبط با آن در طی اسپرماتوژنز است. غلظت سلنیوم در بیضه موش توسط مکانیسم هومئوستازی تنظیم می‌شود که این مکانیسم زودتر اتفاق می افتد تا این که ظرفیت سلنیوم در گنادهای نر از سایر بافت‌ها تاثیرگذار باشد (Behne et al., 1982). نیازهای بیضه‌ای به سلنیوم در زمان بلوغ هم زمان با اسپرماتوژنز افزایش می‌یابد. کاهش غلظت سلنیوم احتمالا اسپرماتوزوآ را نسبت به رادیکال‌های آزاد اکسیژن آسیب‌پذیرتر می‌سازد. بنابراین، سرعت میتوز و مراحل مختلف میوز در توبول منی‌ساز، سلول‌های زاینده را در معرض اثر آسیب موضعی رادیکال‌های آزاد قرار می‌دهد. همچنین سلنیوم یک آنتی‌اکسیدان قوی است که جزء ضروری آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز (GSH-Px) است (Shamberger et al., 1983). این آنزیم تجزیه پراکسیدهای لیپید و هیدروژن پراکسید را کاتالیز می‌کند. عملکرد زیستی سلنیوم در پستانداران از طریق ترکیبات فعال زیستی شامل آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز و سایر سلنوپروتئین‌های سرم و بافت بیان می‌شود.

در مطالعه خاکشور (۱۳۹۴)، تاثیر استفاده از سطوح مختلف سلنیوم آلی بر مولدین ماهی کاراس طلایی ارزیابی شد. نتایج نشان داد که در تیمار ۰/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم سلنیوم میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل سرم خون مولدین افزایش یافت و میزان مالون دی‌آلدئید (محصول نهایی رادیکال‌های آزاد) نیز کاهش معنی‌داری داشت. کمبود سلنیوم با مشکلات تولیدمثلی در رت، موش، جوجه، خوکچه، گوسفند و گوساله مرتبط است (Combs and

Combs, 1984). پژوهش‌ها نشان داده‌اند که مکمل سلنیوم موجب بهبود عملکرد تولیدمثلی گوسفند و موش می‌شود (Tang et al., 1991). سلنیوم برای رشد و نمو طبیعی بیضه و اسپرماتوژنز در رت (Behne et al., 1996)، موش و خوکچه (Combs and Combs, 1984) ضروری است. سلنیوم یک عنصر ضروری در بیوسنتز تستسترون و شکل‌گیری و تکامل طبیعی اسپرماتوزوآ است (Behne et al., 1996; Flohe, 2007). بافت بیضه دارای غلظت‌های بالای سلنیوم به ویژه به شکل GPx4 (گلوتاتیون پراکسیداز) است و از آنجا که GPx4 عامل اساسی تعیین کننده ساختار قسمت میانی اسپرماتوزآ است (Knapen et al., 1999; Beckett and Hoffman, 2005) در نتیجه این مسئله ارتباطی میان سلنیوم، کیفیت اسپرم و قابلیت بارورسازی ایجاد می‌کند و از اسپرم‌های در حال تکامل در برابر آسیب‌های DNA ناشی از استرس اکسیداتیو حفاظت می‌کند (Irvine et al., 1996; Ursini et al., 1999). برخی شواهد حاکی از افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانتی GPx4 و در نتیجه افزایش قدرت باروری جنس نر ناشی از افزایش سلنیم در جیره غذایی هستند (Irvine et al., 1996).

با علم به تاثیر مهم سلنیوم جیره بر کیفیت اسپرم در مورد سایر ماهی‌ها و جانوران دیگر و نیز با توجه به این که اثرات نانوذرات سلنیوم بر شاخص‌های تولیدمثلی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تاکنون مورد بررسی قرار نگرفته است، در این مطالعه اثر استفاده از جیره غذایی غنی شده با نانوذرات سلنیوم بر شاخص‌های تولیدمثلی و بازدهی مولدین نر این ماهی بررسی شده است.

## مواد و روش‌ها

### تهیه مولدین و شرایط پرورشی

این پژوهش در مرکز تحقیقات ژنتیک و اصلاح نژاد ماهیان سردآبی شهید مطهری یاسوج انجام شد. تعداد ۱۲۰ قطعه مولد نر چهار ساله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) با میانگین طول ۵۶/۴۳±۲/۵ سانتی‌متر و میانگین وزن ۲/۳۷۶±۰/۲۷۱ کیلوگرم با علائم ظاهری مناسب از بین گله مولدین بهگزینی شده مرکز انتخاب شد. پس از سازگاری (به مدت یک هفته) کامل ماهی‌ها با شرایط آزمایش، غذادهی به مدت ۲ ماه به طور روزانه طی دو نوبت در ساعت‌های ۹ صبح و ۶ عصر بر اساس جیره غذایی غنی شده با سلنیوم در چهار تیمار

مختلف (شاهد، ۰/۵، ۱، ۲ میلی‌گرم سلنیوم در کیلوگرم جیره) و سه تکرار به میزان یک درصد وزن بدن صورت گرفت.

شاخص‌های کیفیت آب طی دوره پرورش ماهیان به صورت منظم ثبت شد. آب مورد نیاز از آب چشمه با دمای ۰/۵±۱۱ درجه سانتی‌گراد، اکسیژن ۰/۶±۷/۹ میلی‌گرم بر لیتر و pH ۰/۳±۷/۶ تامین شد. مقدار خطرناکی برای غلظت آمونیاک ثبت نشد (میزان آمونیاک کمتر از ۰/۰۲ میلی‌گرم در لیتر بود و با استفاده از کیت سنجش آمونیاک (Insta-LAmot ،Test® ANALYTIC، آمریکا) اندازه‌گیری شد. از دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی استفاده شد.

**مراحل آماده‌سازی غذا**

در هر تیمار، مقدار محاسبه شده سلنیوم برای دست‌یابی به غلظت‌های مورد نظر، ابتدا با آب مقطر به حجم مورد نظر رسانده شد و سپس به صورت جداگانه بر روی جیره پایه (کیمیاگران تغذیه، شهرکرد) اسپری شد (در ضمن مقدار سلنیوم پایه در غذای تجاری مورد استفاده ۰/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم بود). به منظور یکسان‌سازی شرایط، در مورد تیمار شاهد (فاقد نانوذرات سلنیوم) مقدار مساوی آب مقطر بر روی غذا اسپری شد (Ramsden et al., 2009). غذاهای آماده شده به روش فوق به مدت سه ساعت در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. به منظور محافظت غذاها و جلوگیری از رها شدن نانوذرات و ورود آن‌ها به محیط آب، غذاهای آماده شده، توسط لایه‌ای از ژلاتین گاوی پوشانده شدند (Ramsden et al., 2009). بدین منظور ابتدا محلول ۱۰٪ ژلاتین گاوی در آب مقطر تهیه و بر روی هر یک از انواع غذاها به میزان ۵۰ میلی‌لیتر از محلول ژلاتین به صورت یکنواخت اسپری شد. در پایان غذاها به مدت ۳ ساعت دیگر در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. فرآیند آماده‌سازی غذا به منظور جلوگیری از فساد و در دسترس بودن مواد افزودنی دو بار در هفته انجام گرفت. طول دوره تیمار ۱۶ هفته به طول انجامید.

**زیست‌سنجی**

در انتهای دوره آزمایش، مولدین نر هر تیمار زیست‌سنجی شدند و طول کل و وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد.

**شاخص‌های تولیدمثلی**

برای بررسی شاخص‌های تولیدمثلی در ماهیان مولد درصد لقاح، درصد چشم‌زدگی تخم‌ها، درصد تفریخ و درصد میزان بازماندگی انجام گرفت.

**آزمون لقاح**

آزمون لقاح برای گروه‌های مختلف در سه تکرار اندازه‌گیری و ثبت شد. برای تعیین قدرت بارورسازی اسپرم از آزمون لقاح استفاده شد. برای این منظور از یک مولد ماده تخم‌گیری صورت گرفت و بر اساس جدول شماره ۱ انواع لقاح میان این مولد ماده و نرهای تغذیه شده با سطوح مختلف نانوذرات سلنیوم در سه تکرار اجرا شد (Geffen and Evans, 2000; Nagler et al., 2000).

**تعیین درصد لقاح**

حدود ۸ روز پس از عملیات تکثیر و لقاح، از تخم‌های مربوط به تیمارهای مختلف آزمایشی نمونه‌برداری صورت گرفت و درصد لقاح با استفاده از لوپ (Nikon، ژاپن) محاسبه شد. بدین ترتیب که تعداد ۱۰۰ عدد تخم از هر تکرار در یک پتری‌دیش حاوی محلول شفاف کننده (اسید استیک ۴ درصد، متانول و آب مقطر با نسبت ۱:۱:۱) قرار گرفت. بعد از گذشت ۵ دقیقه، تخم‌های لقاح یافته به راحتی از طریق حضور یک کمربند عصبی واضح از تخم‌های لقاح نیافته تشخیص داده شدند و مورد شمارش قرار گرفتند. درصد لقاح (F) تخم‌ها مطابق رابطه ۱ محاسبه و ثبت شد (Bromage andCumaranatunga, 1988):

**رابطه ۱:**

$$F\ (\%) = (N_F / N_T) \times 100$$

$N_F$: تعداد تخم‌های عادی لقاح یافته؛ $N_T$: تعداد کل تخم‌ها.

**جدول ۱: آزمایش لقاح به منظور تعیین قدرت بارورسازی اسپرم ماهیان مولد نر قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با جیره غذایی حاوی مقادیر مختلف نانوذرات سلنیوم**

| تیمار آزمایشی | شرح آمیزش |
|---|---|
| **تیمار ۱ (شاهد)** | ماده شاهد × نر شاهد |
| **تیمار ۲** | ماده شاهد × نر تغذیه شده با جیره حاوی ۰/۵ میلی‌گرم نانوذرات سلنیوم در هر کیلوگرم جیره |
| **تیمار ۳** | ماده شاهد × نر تغذیه شده با جیره حاوی ۱ میلی‌گرم نانوذرات سلنیوم در هر کیلوگرم جیره |
| **تیمار ۴** | ماده شاهد × نر تغذیه شده با جیره حاوی ۲ میلی‌گرم نانوذرات سلنیوم در هر کیلوگرم جیره |

**تعیین درصد چشم‌زدگی تخم‌ها**

تعیین میزان تخم‌های چشم زده از تخم‌های تلف شده با روش شوک‌دهی صورت گرفت (Aas et al., 1991). تخم‌ها از فاصله ۲۰ سانتی‌متری در سینی دیگری تخلیه شدند که طی این عمل تخم‌های لقاح نیافته یا تلف شده سفید می‌شوند. در این مرحله درصد چشم‌زدگی (E) تخم‌ها با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد (Bromage and Cumaranatunga, 1988).

**رابطه ۲:**

$$E\,(\%) = (N_E / N_T) \times 100$$

$N_E$: تعداد تخم‌های چشم زده تعداد؛ $N_T$: تعداد تخم‌های لقاح یافته.

**تعیین درصد تفریخ**

حدود ۳۲ روز پس از لقاح، تفریخ تخم‌ها صورت گرفت که در این مرحله لاروهای دارای کیسه زرده درون سینی‌ها به حالت خوابیده قرار گرفتند. برای تعیین درصد تفریخ از طریق نمونه‌برداری و سپس شمارش لاروهای تفریخ شده، درصد تفریخ (H) لاروها از رابطه ۳ محاسبه شد (Billard and Gillet, 1981).

**رابطه ۳:**

$$H\,(\%) = (N_H / N_E) \times 100$$

$N_H$: تعداد لاروهای تفریخ شده؛ $N_E$: تعداد تخم‌های چشم زده.

**بازماندگی لاروها تا مرحله شروع تغذیه فعال**

بعد از این که لاروها تقریبا ۷۰ درصد کیسه زرده خود را جذب کردند، غذادهی با توجه به توده زنده و درجه حرارت آب انجام شد. در این پژوهش، پس از این که لاروها تقریبا دو سوم کیسه زرده خود را جذب کردند،

با شمارش لاروهای تلف شده، میزان بازماندگی لارو (S) تا مرحله جذب کیسه زرده (در آغاز تغذیه فعال) محاسبه شد (رابطه ۴؛ Billard and Gillet, 1981).

**رابطه ۴:**

$$S\,(\%) = (N_L / N_T) \times 100$$

$N_L$: تعداد لاروهای زنده؛ $N_T$: تعداد کل لاروهای ذخیره شده.

**تجزیه و تحلیل آماری**

اطلاعات جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) و پس‌آزمون توکی (Tukey) برای بررسی معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد ($P<۰/۰۵$) استفاده شد. نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شد. همچنین از نرم‌افزار Microsoft Excel 2013 به منظور رسم نمودارها استفاده شد.

## نتایج

**زیست‌سنجی مولدین نر**

با زیست‌سنجی مولدین مشخص شد که طول کل ماهیان مولد نر قزل‌آلای رنگین‌کمان مورد استفاده در این مطالعه از ۳/۰±۵۴/۳ سانتی‌متر در گروه تغذیه شده با ۰/۵ میلی‌گرم نانوسلنیوم تا ۲/۱±۵۸/۱ سانتی‌متر در گروه شاهد متغیر بود، ولی اختلاف معنی‌داری میان طول کل مولدین نر آزمایشی وجود نداشت ($P>۰/۰۵$).

وزن ماهیان نیز از ۰/۳۰۵±۲/۲۸۰ کیلوگرم در گروه تغذیه شده با ۲ میلی‌گرم نانوذرات سلنیوم تا ۰/۲۴۵±۲/۴۷۰ کیلوگرم در گروه تغذیه شده با ۱ میلی‌گرم نانوذرات سلنیوم متغیر بود، ولی اختلاف معنی‌داری میان وزن مولدین نر وجود نداشت (جدول ۲).

لازم به ذکر است که در این پژوهش اختلاف معنی‌داری بین وزن و طول اولیه مولدین تیمارهای مختلف در ابتدای آزمایش وجود نداشت.

**نتایج مربوط به شاخص‌های تولیدمثلی**

نتایج بررسی میزان لقاح، چشم‌زدگی، تفریخ و بازماندگی لاروهای به دست آمده از مولدین نر قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با جیره‌های حاوی سطوح مختلف نانوذرات سلنیوم در جدول ۳ آمده است.

نتایج این پژوهش نشان داد که درصد لقاح در ماهیان تغذیه شده با ۲ میلی‌گرم نانوسلنیوم

با ۱/۶۰±۹۸/۱۷ درصد بیشترین بود و اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت (P<۰/۰۵).

**جدول ۲: مقایسه میانگین طول کل و وزن مولدین نر آزمایشی (میانگین ± انحراف معیار)**

| تیمارهای آزمایشی | طول کل (سانتی‌متر) | وزن (کیلوگرم) |
|---|---|---|
| **شاهد** | ۵۸/۱±۲/۱ | ۲/۴۵۵±۰/۲۵۵ |
| **۰/۵ میلی‌گرم نانوسلنیوم** | ۵۴/۳±۳/۰ | ۲/۳۰۰±۰/۲۸۰ |
| **۱ میلی‌گرم نانوسلنیوم** | ۵۷/۲±۲/۷ | ۲/۴۷۰±۰/۲۴۵ |
| **۲ میلی‌گرم نانوسلنیوم** | ۵۶/۱±۳/۲ | ۲/۲۸۰±۰/۳۰۵ |

اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد (P>۰/۰۵).

میزان لقاح در ماهیان تغذیه شده با سطوح ۰/۵ میلی‌گرم و ۱ میلی‌گرم نانوذرات سلنیوم جیره نسبت به گروه شاهد (فاقد نانوذرات سلنیوم) تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (P> ۰/۰۵).

در مطالعه حاضر بیشترین میزان درصد چشم‌زدگی تخم مربوط به مولدین تیمار ۲ میلی‌گرم نانوسلنیوم در کیلوگرم جیره (۳/۰۰±۹۳/۹۳ درصد) بود و کمترین درصد چشم‌زدگی در گروه شاهد (۴/۵۷±۸۱/۲۰ درصد) مشاهده شد که با جیره فاقد نانوذرات سلنیوم تغذیه شده بودند. اختلاف معنی‌داری میان این دو تیمار مشاهده شد (P<۰/۰۵). با این وجود سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری را با هم نشان ندادند (P> ۰/۰۵؛ جدول ۳).

بیشترین میزان درصد تفریخ تخم (۰/۷۵±۹۰/۴۳ درصد) در ماهیان تغذیه شده با ۲ میلی‌گرم نانوذرات سلنیوم مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با درصد تفریخ در تیمار ۱ میلی‌گرم نانوسلنیوم نداشت (P> ۰/۰۵) ولی نسبت به میزان تفریخ تخم در تیمارهای شاهد و ۰/۵ میلی‌گرم نانوسلنیوم دارای اختلاف معنی‌دار بود (P<۰/۰۵).

نتایج میزان بازماندگی لاروهای به دست آمده از مولدین تغذیه شده با سطوح مختلف نانوذرات سلنیوم (جدول ۳) نشان داد که یک روند افزایشی در میزان بازماندگی لاروها همراه با افزایش غلظت نانوذرات سلنیوم در جیره غذایی وجود داشت. بیشترین میزان بازماندگی (۵/۱۰±۹۰/۶۰ درصد) مربوط به ماهیان تغذیه

**جدول ۳: شاخص‌های تولیدمثلی مولدین نر قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با جیره حاوی سطوح مختلف نانوذرات سلنیوم (میانگین ± انحراف معیار)**

| تیمار | لقاح (درصد) | چشم‌زدگی (درصد) | تفریخ (درصد) | بازماندگی (درصد) |
|---|---|---|---|---|
| **شاهد** | ۹۰/۸۷±۲/۰۹ $^{b}$ | ۸۱/۲۰±۴/۵۷ $^{b}$ | ۷۸/۷۳±۷/۷۹ $^{b}$ | ۸۴/۲۳±۱/۰۷ $^{a}$ |
| **۰/۵ میلی‌گرم نانوسلنیوم** | ۹۱/۵۰±۳/۵۰ $^{b}$ | ۸۴/۳۷±۹/۰۶ $^{ab}$ | ۷۸/۸۳±۱/۲۵ $^{b}$ | ۸۴/۶۳±۰/۶۳ $^{a}$ |
| **۱ میلی‌گرم نانوسلنیوم** | ۹۳/۳۷±۱/۸۵ $^{b}$ | ۹۰/۱۷±۴/۲۵ $^{ab}$ | ۸۵/۱۷±۲/۷۵ $^{ab}$ | ۸۷/۲۳±۷/۵۱ $^{a}$ |
| **۲ میلی‌گرم نانوسلنیوم** | ۹۸/۱۷±۱/۶۰ $^{a}$ | ۹۳/۹۳±۳/۰۰ $^{a}$ | ۹۰/۴۳±۰/۷۵ $^{a}$ | ۹۰/۶۰±۵/۱۰ $^{a}$ |

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها است ($P<۰/۰۵$).

شده با ۲ میلی‌گرم نانوذرات سلنیوم بود، اما اختلاف معنی‌داری را نسبت به سایر تیمارها (شاهد، ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم نانوسلنیوم) نشان نداد ($P> ۰/۰۵$). در این پژوهش، درصد بازماندگی لاروهای به دست آمده از مولدین نر قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با سطوح مختلف نانوذرات سلنیوم جیره تا مرحله شروع تغذیه فعال، اختلاف معنی‌داری را میان تیمارهای مورد بررسی نشان نداد ($P> ۰/۰۵$).

## بحث

در این مطالعه اثرات نانوذرات سلنیوم جیره بر کیفیت برخی شاخص‌های تولیدمثلی و عملکرد آن‌ها در مولدین نر قزل‌آلای رنگین‌کمان بررسی شد. نتایج نشان داد که نانوذرات سلنیوم جیره در سطوح مختلف موجب بهبود کمیت اسپرم و عملکرد تولیدمثل (درصد لقاح، چشم‌زدگی و تفریخ تخم) و همچنین بهبود بازماندگی در لاروهای به دست آمده از مولدین نر قزل‌آلای رنگین‌کمان شد. به این ترتیب که تمامی شاخص‌های نرخ لقاح، چشم‌زدگی، تفریخ و بازماندگی با افزایش سطوح سلنیوم جیره روند افزایشی و بهبود نشان دادند.

غشای پلاسمایی اسپرم برای نگهداشتن اندامک‌ها و اجزای داخل سلولی، آن را احاطه کرده است و با ویژگی‌های نیمه تراوایی خود گرادیان شیمیایی یون‌ها و دیگر اجزای محلول را حفظ می‌کند. اگر غشای پلاسمایی اسپرم آسیب ببیند باید آن را مرده در نظر گرفت و قادر به باروری نیست (Silva, 2006). سلنوپروتئین گلوتاتیون پراکسیداز ۴

میتوکندریایی در غشاهای درون سلولی به ویژه بیضه‌ها به عنوان آنتی‌اکسیدان درون سلولی عمل می‌کند (Ahsan et al., 2014) و یک پراکسیداز اختصاصی برای هیدروپراکسیدهای فسفولیپید و یک جزء ساختاری در قطعه میانی اسپرم است که عدم عملکرد مناسب آن در بیضه‌ها مرتبط با ناباروری جنس نر است (Turanov et al., 2011). از سوی دیگر، سلنیوم به عنوان یک آنتی‌اکسیدان قوی در عملکرد اسپرماتوژنز موثر است و کمبود آن یکی از عوامل موثر در ایجاد ناباروری یا کم باروری مردان است (عیدی و همکاران، ۱۳۸۶). در مطالعاتی که ژن‌های سلنوپروتئین‌ها را از بین می‌برند، نشان داده شده است که فقدان این ژن‌ها طی اسپرم‌زایی منجر به تولید اسپرماتوزوآ غیرطبیعی می‌شود که همسو با تغییرات کیفیت منی و باروری (لقاح) است (Ahsan et al., 2014). بنابراین در پژوهش حاضر ممکن است نانوذرات سلنیوم به دلیل نقش آنتی‌اکسیدانی خود از طریق این مکانیسم موجب افزایش درصد لقاح شده باشند. مطالعات مختلف نیز نشان داده‌اند که سلنیوم به سبب دارا بودن ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و قابلیت مهار رادیکال‌های آزاد اکسیژن، می‌تواند موجب افزایش لقاح و توان باروری شود (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۴).

سیستم آنتی‌اکسیدانی جنین و لارو تازه تفریخ شده شامل آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، آنتی‌اکسیدان‌های محلول در آب و چربی و سلنیوم است. افزایش سلنیوم در جیره مادری موجب افزایش غلظت سلنیوم در بافت جنین در حال تکامل می‌شود و حساسیت آن را نسبت به پراکسیداسیون چربی کاهش می‌دهد. سطوح بالای آنتی‌اکسیدان‌های داخلی در تخم و بافت‌های جنین برای محافظت از بافت طی استرس اکسیداتیو در زمان تفریخ یک مکانیسم سازگاری مهم است (Surai et al., 2016). تغذیه مولدین عملکرد و سلامت زاده‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد، به طوری که استفاده از مکمل سلنیوم در جیره والدین سیستم آنتی‌اکسیدانی موثری را در زمان تولد فراهم می‌کند (Pappas et al., 2008). انتقال سلنیوم از مولدین به تخم، مسیر اصلی قرار گرفتن زاده‌ها در معرض سلنیوم در مراحل اولیه زندگی است (Gillespie and Baumann, 1986). مشخص شده است که استفاده از مکمل سلنیوم در جیره‌های مصنوعی (دست‌ساز) رشد و تکامل قزل‌آلای رنگین‌کمان (Hilton et al., 1980) و ماهی

هامور (Lin and Shiau, 2005) را افزایش می‌دهد. علاوه بر این، روتیفر غنی‌شده با سلنیوم رشد و تکامل سیم دریایی (*Pagrus major*) را سرعت بخشید (Kim et al., 2014).

تاثیر مثبت سلنیوم بر بهبود عملکرد برخی شاخص‌های تولیدمثلی شامل درصد لقاح، تفریخ و بازماندگی در مطالعات مختلف تایید شده است. از جمله می توان به مطالعات خاکشور (۱۳۹۴)، بر مولدین ماهی کاراس طلایی، Penglase و همکاران (۲۰۱۴) بر ماهی گورخری ماده (*Danio rerio*) اشاره کرد.

در مورد میزان بازماندگی در مطالعه حاضر استفاده از مکمل نانوذرات سلنیوم در جیره مولدین نر قزل‌آلای رنگین‌کمان اثر معنی‌داری بر بازماندگی لاروهای به دست آمده در مرحله شروع تغذیه فعال نداشت. به نظر می‌رسد که نانوذرات سلنیوم جیره مولدین نر تا مرحله تفریخ تخم بر جنین و لارو اثرات مثبت داشته باشد، ولی در مرحله شروع تغذیه فعال اثرات معنی‌داری بر بازماندگی لارو ندارد. Pappas و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند که تغذیه مولدین عملکرد و سلامت زاده‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد، اما برای محافظت آنتی‌اکسیدانی زاده‌ها استفاده از مکمل سلنیوم در جیره مولدین و زاده‌ها هر دو ضروری است. استفاده از مکمل سلنیوم در جیره والدین سیستم آنتی‌اکسیدانی موثری را در زمان تولد فراهم می‌کند، در حالی که به کارگیری مکمل سلنیوم در جیره زاده‌ها بعد از چند روز اول زندگی، تعیین کننده اصلی وضعیت سلنیوم در آن‌ها است (Pappas et al.,2008).

علاوه بر این نتایج مطالعات در مورد تاثیر سلنیوم بر بازماندگی ماهیان متفاوت است. به طوری که Liu و همکاران (۲۰۱۰) موثر بودن سلنیوم را بر بازماندگی در ماهی کوبیا (*Rachycentron canadum*) نشان دادند. اما عدم تاثیر سلنیوم بر بازماندگی در ماهیان باس راه‌راه هیبرید (*Morone chrysops* × *M. saxatilis*) توسط Jaramillo و همکاران (۲۰۰۹) و در ماهیان پرواری قزل‌آلای رنگین‌کمان توسط Naderi و همکاران (۲۰۱۷) گزارش شد.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که بیشترین درصد لقاح، چشم‌زدگی و تفریخ تخم مربوط به زاده‌های به دست آمده از مولدین نر قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با ۲ میلی‌گرم نانوسلنیوم در کیلوگرم جیره بود. در این پژوهش، اگر چه استفاده از نانوذرات

سلنیوم در جیره مولدین نر قزل‌آلای رنگین‌کمان اثر معنی‌داری بر بازماندگی زاده‌ها در مرحله شروع تغذیه فعال نداشت، اما به نظر می‌رسد که نانوذرات سلنیوم جیره مولدین نر تا مرحله تفریخ تخم بر جنین و لارو اثرات مثبت داشته باشد. بنابراین به منظور بررسی انتقال سلنیوم جیره به زاده‌ها و اثرات آن بر لارو ماهیان انجام مطالعات بیشتری مورد نیاز است. در مورد اثرات سلنیوم جیره بر کیفیت گامت نر (اسپرم) و عملکرد تولیدمثل در ماهیان گزارش‌های کمی وجود دارد. همچنین نتایج اثرات نانوذرات سلنیوم در مقایسه با سایر مکمل‌ها و تاثیر آن بر شاخص‌های تولیدمثلی از جمله درصد لقاح و درصد چشم‌زدگی مطابقت دارد. قادری و همکاران در سال ۱۳۹۴ با مطالعه اثرات ال- اسکوربیل- ۲- پلی‌فسفات به عنوان منبع ویتامین C بر شاخص‌های تولیدمثلی مولدین قزل‌آلای رنگین‌کمان دریافتند که اثرات این ویتامین مطلوب بود و استفاده از سطوح بالای مکمل اسکوربیک اسید در جیره مولدین قبل از تکثیر نتیجه بخش بود. در مطالعه حاضر مبنی بر این که غلظت‌های بالاتر از ۲ میلی‌گرم شاید تاثیر بهتر یا برعکس بر روی نتایج داشته باشد، این که با توجه به مطالعات انجام شده اثر سطوح غلظتی بالاتر از ۲ میلی‌گرم نانوذرات سلنیوم بررسی شد، بنابراین در این مطالعات، بهبود شاخص‌های کیفی در محدوده ۵/ تا ۲ میلی گرم بهترین نتایج را داشته و اشاره شده است که در مطالعه خاکشور (۱۳۹۴) تاثیر استفاده از سطوح مختلف سلنیوم آلی بر مولدین ماهی کاراس طلایی ارزیابی شد. جیره حاوی ۰/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم سلنیوم آلی در مولدین ماهی کاراس طلایی موجب بهبود شاخص‌های کیفی اسپرم، توسعه گنادی، کیفیت DNA اسپرم، عملکرد آنتی‌اکسیدانی و تولیدمثل مانند افزایش درصد لقاح و بازماندگی و کاهش بدشکلی لاروی شد. همچنین در مطالعات سیدی (۱۳۹۵) تاثیر استفاده از سطوح مختلف نانوسلنیوم بر تغییرات آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، شاخص‌های کیفی اسپرم، توسعه گنادی و میزان آسیب DNA اسپرم مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که در غلظت‌های ۰/۵ و ۰/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم موجب بهبود شاخص‌های رشد، توسعه گنادی و عملکرد آنتی‌اکسیدانی پلاسمای سمینال در ماهی کاراس طلایی شد. بنابراین برای نشان دادن این که نانوذرات سلنیوم جیره چگونه کیفیت گامت‌ها و زاده‌ها را در ماهیان تحت تاثیر قرار می‌دهد، انجام مطالعات بیشتری

ضروری به نظر می‌رسد و همچنین با قطعیت نمی‌توان این نتیجه را عنوان کرد که بهترین تاثیر مربوط به ۲ میلی گرم است و به مطالعات بیشتری در این زمینه نیاز است. نتایج این مطالعه درک ما را از اثرات نانوذرات سلنیوم بر عملکرد تولیدمثلی جنس نر افزایش داده، دانش ما را برای بهبود لقاح ماهیان از طریق فرموله کردن جیره‌های مناسب گسترش داده است.

**تشکر و قدردانی**

از کلیه کارشناسان مرکز تحقیقات ژنتیک و اصلاح نژاد ماهیان سردآبی شهید مطهری یاسوج نهایت تشکر و سپاس را داریم.

## منابع


**خاکشور ع. ۱۳۹۴.** ارزیابی تاثیر سلنیوم آلی جیره بر شاخص‌های کیفی گامت‌های نر و ماده و کیفیت تکثیر ماهی طلایی (*Carassius auratus gibelio*). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس. ۱۱۴ص.

**سیدی ج. ۱۳۹۵.** تاثیر سطوح و زمان‌های مختلف تیمار نانوسلنیوم بر آسیب DNA، تغییرات آنزیمی پلاسمای سمینال و شاخص‌های کیفی اسپرم ماهی طلایی (*Carassius auratus gibelio*). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس. دانشکده منابع طبیعی.

**عیدی م.، پویان ا.، عیدی ا.، فضائلی ر.، دادگر م.، شاه‌محمدی پ.، سعیدی ح. و بهار م. ۱۳۸۶.** بررسی میزان تاثیر غلظت سلنیوم پلاسمای سمینال بر پارامترهای اسپرم انسان. مجله علوم پزشکی دانشگاه آزاد اسلامی، ۱۷(۲): ۸۶- ۸۱.

**قادری فهلیانی ز.، فلاحتکار ب.، علاف نویریان ح. و شفاهی‌پور آ. ۱۳۹۴.** اثرات ال- اسکوربیل- ۲- پلی‌فسفات به عنوان منبع ویتامین C بر شاخص‌های تولیدمثلی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، مجله زیست‌شناسی ایران، ۲۸(۴): ۵۱۳-۵۰۸.

**یوسفی س.، نجفی غ.، نجاتی و. و توکمه‌چی ا. ۱۳۹۴.** مطالعه اثر محافظتی دیواره سلولی مخمر ساکارومایسس سرویزیه (*Saccharomyces cerevisiae*) غنی شده با سلنیوم بر روی توان باروری آزمایشگاهی در رت‌های نر بالغ تحت استرس بی‌حرکتی مزمن. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ۱۳۳، ۱۹۵-۱۸۳.

**Aas G.H., Refstie T. and Gjerde B. 1991.** Evaluation of milt quality of Atlantic salmon. Aquaculture, 95: 125–132.

**Ahsan U., Kamran Z., Raza I., Ahmad S., Babar W., Riaz M.H. and Iqbal Z. 2014.** Role of selenium in male reproduction- A review. Animal Reproduction Science, 146: 55–62.

**Beckett K. and Hoffman B. 2005.** Challenging medicine: Law, resistance, and the cultural politics of childbirth. Law and Society Review, 39(5): 125–169.

**Behne D., Hofer T., Von Berswordt-Wallrabe R. and Elger W. 1982.** Selenium in the testis of the rat: Studies on its regulation and its importance for the organism. The Journal of Nutrition, 112: 1682–1687.

**Behne D., Weiler H. and Kyriakopoulos A. 1996.** Effects of selenium deficiency ontesticular morphology and function in rats.

Journal of Reproduction and Fertility, 106: 291–297.

**Billard R. and Gillet C. 1981.** Ageing of eggs and temperature potentialization of micropolluant effects of the Aquaculturetic medium on trout gametes. Cahier du Laboratoire de Montereau, 12: 35–42.

**Bromage N. and Cumaranatunga R. 1988.** Egg production in the rainbow trout. P: 63–138. In: Eds Muir J.F. and Roberts R.J. (Eds.). Recent Advances in Aquaculture, Vol. 3. Croom Helm Ltd, London.

**Combs Jr. G. and Combs S. 1984.** The nutritional biochemistry of selenium. Annual Review of Nutrition, 4: 257–280.

**Davis T., Yamada M., Elgort M. and Saier M.H. 1988.** Nucleotide sequence of the mannitol (mtl) operon in *Escherichia coli*. Journal of Molecular Microbiology and Biotechnology, 2: 405–412.

**Federal Register. 2002.** Food additive permitted in feed and drinking water: Selenium yeast. Official Journal of the Federal Government of the United States, 67(137): 46850–46851.

**Flohe L. 2007.** Selenium in mammalian spermiogenesis. Journal of Biological Chemistry, 388: 987–995.

**Geffen A.J. and Evans J.P. 2000.** Sperm traits and fertilisation success of male and sex-reversed female rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 182: 61–72.

**Gillespie R.B. and Baumann P.C. 1986.** Effects of high tissue concentrations of selenium on reproduction by bluegills. Transactions of the American Fisheries Society, 115: 208–213.

**Hedaoo M., Khllare K., Meshram M., Sahatpure S. and Patil M. 2008.** Study of some serum trace minerals in cyclic and non-cyclic surti buffaloes. Worlds Veterinary Journal, 1: 71–72.

**Hilton J., Hodson P. and Slinger S. 1980.** The requirement and toxicity of selenium in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). The Journal of Nutrition, 110: 2527–2535.

**Irvine S., Cawood E., Richardson D., MacDonald E. and Aitken J. 1996.** Evidence of deteriorating semen quality in the United Kingdom: Birth cohort study in 577 men in Scotland over 11 years. BMJ, 312: 467–471.

**Jaramillo Jr. F., Peng L.I. and Gatlin III D.M. 2009.** Selenium nutrition of hybrid striped bass (*Morone chrysops* × *M. saxatilis*) bioavailability, toxicity and interaction with vitamin E. Aquaculture Nutrition, 15: 160–165.

**Johari S.A. 2014.** Toxicity effect of colloidal silver nanoparticles on

fertilization capacity and reproduction success of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Journal of Nanomedicine Research, 1(1): 1–4 (00001).

**Kim H.J., Sakakura Y., Maruyama I., Nakamura T., Takiyama K., Fujiki H. and Hagiwara A. 2014.** Feeding effect of selenium enriched rotifers on larval growth and development in red sea bream *Pagrus major*. Aquaculture, 432: 273–277.

**Knapen M.F., Zusterzeel P.L., Peters W.H. and Steegers E.A. 1999.** Glutathione and glutathione-related enzymes in reproduction. A review. European journal of Obstetrics, Gynecology, and Reproductive Biology, 82: 171–184.

**Kumar S. 2003.** Management of infertility due to mineral deficiency in dairy animals. Proceedings of ICAR Summer School on "Advance Diagnostic Techniques and Therapeutic Approaches to Metabolic and Deficiency Diseases in Dairy Animals". Indian Veterinary Research Institute, India. P: 128–137.

**Lin Y.H. and Shiau S.Y. 2005.** Dietary selenium requirements of juvenile grouper, *Epinephelus malabaricus*. Aquaculture, 250: 356–363.

**Liu K., Wang X.J., Ai Q., Mai K. and Zhang W. 2010.** Dietary selenium requirement for juvenile cobia, *Rachycentron canadum* L. Aquaculture Research, 41: 594–601.

**Naderi M., Keyvanshokooh S., Salati A.P. and Ghaedi A. 2017.** Combined or individual effects of dietary vitamin E and selenium nanoparticles on humoral immune status and serum parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under high stocking density. Aquaculture, 474: 40–47.

**Nagler J.J., Parsons J.E. and Cloud J. 2000.** Single pair mating indicates maternal effects on embryo survival in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture, 184: 177–183.

**Pappas A., Zoidis E., Surai P. and Zervas G. 2008.** Selenoproteins and maternal nutrition. Comparative Biochemistry and Physiology (B), 151: 361–372.

**Penglase S., Hamre K., Rasinger J.D. and Ellingsen S. 2014.** Selenium status affects selenoprotein expression, reproduction, and F 1 generation locomotor activity in zebrafish (*Danio rerio*). British Journal of Nutrition, 111: 1918–1931.

**Ramsden S.R., Smith T.J., Shaw B.J. and Handy R.D. 2009.** Dietary exposure to titanium dioxide nanoparticles in rainbow

trout, (*Oncorhynchus mykiss*): No effect on growth, but subtle biochemical disturbances in the brain. Ecotoxicology, 18: 939–951.

**Rotruck J.T., Pope A.L., Ganther H.E., Swanson A.B., Hafeman D.G. and Hoekstra W.G. 1973.** Selenium: biochemical role as a component of glutathione peroxidase. Science, 179(4073): 588–590.

**Shamberger R.J., Adreone T.L. and Willis C.E. 1983.** Antioxidant and concer IV. Initing actevety of malonaldehyde as a carcinogen. Journal of the National Cancer Institute, (53): 1771–1773.

**Silva P.F.N. 2006.** Physiology of peroxidation process in mammalian sperm. Ph.D. Thesis, Utrecht University, Netherlands. 178P.

**Surai P.F., Fisinin V.I. and Karadas F. 2016.** Antioxidant systems in chick embryo development. Part 1. Vitamin E, carotenoids and selenium. Animal Nutrition, 2: 1–11.

**Tang G., Beckage B., Smith B. and Miller P.A. 1991.** Molecular cloning and expression of the regulatory (RG1) subunit of the glycogen-associated protein phosphatase. Journal of Biological Chemistry, 266(24): 15782–15789.

**Turanov A.A., Malinouski M. and Gladyshev V.N. 2011.** Selenium and male reproduction. P: 409–417. In: Hatfield D., Berry M. and Gladyshev V. (Eds.). Selenium: Its Molecular Biology and Role in Human Health. Springer, USA.

**Ursini F., Heim S., Keiss M., Maiorino M., Roveri A., Wissing J. and Flohe L. 1999.** Dual function of the selenoprotein PHGPx during sperm maturation. Science, 285: 1393–1396.

**Aquatic Physiology and Biotechnology**

**Vol. 7, No. 3, Autumn 2019**

**Research Paper**

# Effect of different levels of selenium nanoparticles on some reproductive indices in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

**Javad Mahdavi Jahan Abad[1]*, Aboalhassan Rastiyannasab[2], Alireza Ghaedi[3], Roghayeh Mahmoudi[4], Mohammad Meysam Salahi Ardakani[5]**

Received: June 2018 Accepted: October 2018

## Abstract

Improvement of a diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) brooders with selenium nanoparticles has a great effect on reproductive indices. Selenium is very important for male reproduction and its deficiency and low levels can lead to reproductive disorders such as poor fertility and fetal development. In this study, the effects of different levels of selenium nanoparticles on the reproductive performance of rainbow trout male brooders were investigated. 120 four-year-old male fish weighing 2.375kg were selected. After adaptation, the fish were divided into four experimental groups (control, 0.5, 1 and 2 mg selenium nanoparticles per kg diet) with three replications. There was no significant difference in the results of total length of male brooders. The highest fertilization rate (98.17± 1.60%) was observed in fish fed 2mg nanoselenium which had a significant difference with other treatments. The highest percentage of egg hatching was observed in the broods treated with 2mg/kg nanoselenium (93.93±3.00). The survival rate of offspring showed that with increasing levels of selenium nanoparticles in males, there was an increasing trend in offspring survival. The increasing trend of fertilization and offspring percentages in male brooders fed 2mg selenium nanoparticles had a significant effect on the final results.

**Key words:** *Reproduction, Sperm, Selenium Nanoparticles, Fertilization, Rainbow Trout*.

1- M.Sc. in Aquaculture Reproduction Department, Shahid Motahary Coldwater Fishes Genetic and Breeding Research Center-Yasouj, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yasouj, Iran.

2- Scientific Member in Genetics and Biotechnology Department, Shahid Motahary Coldwater Fishes Genetic and Breeding Research Center-Yasouj, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yasouj, Iran.

3- Assistant Professor in Aquaculture Reproduction Department, Shahid Motahary Coldwater Fishes Genetic and Breeding Research Center-Yasouj, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yasouj, Iran.

4- Assistant Professor in Research in Genetics and Biotechnology Department, Shahid Motahary Coldwater Fishes Genetic and Breeding Research Center-Yasouj, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yasouj, Iran.

5- Ph.D. in Health and Diseases Department, Shahid Motahary Coldwater Fishes Genetic and Breeding Research Center-Yasouj, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yasouj, Iran.

*Corresponding Author: mahdavejavad60@yahoo.com