

مقاله پژوهشی

اثر تغذیه با منابع مختلف مکمل روی بر شاخص‌های تولیدمثلی ماهی مولد  
نر قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

اسماعیل کاظمی<sup>۱</sup>، ایمان سوری‌نژاد<sup>۲\*</sup>، علیرضا قائدی<sup>۲</sup>، علی جوهری<sup>۴</sup>، زهرا قاسمی<sup>۵</sup>

تاریخ دریافت: آبان ۹۷

تاریخ پذیرش: اسفند ۹۷

چکیده

در پژوهش حاضر اثر تغذیه با منابع مختلف مکمل روی بر شاخص‌های تولیدمثلی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بررسی شد. تیمارهای غذایی طی ۱۶ هفته پژوهش شامل (۱) مولدین نر تغذیه شده با جیره حاوی ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم مکمل روی معدنی، (۲) مولدین نر تغذیه شده با جیره حاوی ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نانوذره روی، (۳) مولدین نر تغذیه شده با جیره حاوی ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم روی آلی و (۴) مولدین نر تغذیه شده با غذای فاقد مکمل روی (شاهد) بود. عملیات تکثیر برای گروه‌های مختلف با استفاده از تخمک‌های چهار مولد ماده انجام شد. بیشترین درصد لقاح، چشم‌زدگی و تخم‌گشایی تخم مربوط به مولدین نر تغذیه شده با مکمل حاوی ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم روی معدنی بود. غلظت، حجم، زمان تحرک و درصد اسپرماتوکریت اسپرم‌ها در کلیه تیمارهایی که با مکمل حاوی روی تغذیه شده بودند بیشتر از تیمار شاهد بود. بازماندگی نتاج تا وزن یک گرم در تیمار تغذیه شده با مکمل روی معدنی به طور معنی‌داری بیشتر از سایر گروه‌ها بود ( $P < 0.05$ ). نتایج این پژوهش نشان داد که مکمل‌های معدنی روی می‌توانند نقش مهمی را در بهبود عملکرد تولیدمثل در مولدین نر قزل‌آلای رنگین‌کمان ایفا کنند.

واژگان کلیدی: قزل‌آلای رنگین‌کمان، روی، تولیدمثل، مکمل، بازماندگی.

- ۱- دانشجوی دکتری تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.
  - ۲- دانشیار گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.
  - ۳- استادیار موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، مرکز تحقیقات ژنتیک و اصلاح نژاد ماهیان سردآبی شهید مطهری یاسوج، یاسوج، ایران.
  - ۴- دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.
  - ۵- استادیار گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.
- \* نویسنده مسئول: [sourinejad@hormozgan.ac.ir](mailto:sourinejad@hormozgan.ac.ir)

## مقدمه

نقش مهمی را در بسیاری از فعالیت‌های زیستی در موجودات زنده و محیط طبیعی به عهده دارد و به عنوان عنصر کمیاب ضروری یا ریزمغذی تعریف می‌شود. عنصر روی برای رشد، بهبود زخم و عملکرد سیستم ایمنی، باروری و مهار رادیکال‌های اکسیژن آزاد در جانوران ضروری است (Zhao et al., 2014). نقش روی در ساختمان پروتئین‌ها شناخته شده است و آنزیم‌های متعددی که به این عنصر برای تعدیل فعالیت‌های خود نیاز دارند نیز شناخته شده‌اند. سطح طبیعی عنصر روی در ماهیان آب شیرین (Spry et al., 1988) و آب شور (Willis and Sunda, 1984) به منظور پاسخگویی به نیاز رشد آبی در محیط پرورشی ناکافی گزارش شده است. از این رو، روی به عنوان ریزمغذی ضروری در تغذیه ماهیان مورد توجه قرار گرفته است و باید برای تامین نیازهای غذایی ماهیان به جیره اضافه شود (Tan and Mai, 2001). به دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی، کمبود روی منجر به افزایش میزان پراکسیداسیون لیپیدها در غشای میکروزمی و میتوکندری و شکنندگی اسموتیک غشای گلبول‌های قرمز می‌شود. علاوه بر این، در صورت کمبود روی تجمع

طی دهه‌های گذشته تکثیر و پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در کشور ایران از اهمیت زیادی برخوردار شده و مزارع متعددی در کشور احداث شده است. بروز مشکلات متعدد از یک سو و توجه به بهره‌وری اقتصادی بهتر ضرورت انجام پژوهش در زمینه‌های مختلف به ویژه تکثیر و تغذیه این گونه با ارزش را بیش از پیش نمایان می‌سازد. تغذیه مولدین و الگوهای تولیدمثل انواع آبزیان و اطلاعات در زمینه نیازهای غذایی به ریزمغذی‌ها نقش مهمی در افزایش بهره‌وری دارد (سلیمی خورشیدی و همکاران، ۱۳۹۱). در حال حاضر ۲۹ عنصر از ۹۰ عنصر به طور طبیعی برای حیات جانوران ضروری شناخته شده است و هر یک از این عناصر غذایی نقش مهمی در سوخت و ساز موجودات زنده دارند (Trushenski et al., 2006). این عناصر می‌توانند به عناصر دارای پتانسیل سمیت (آلومینیوم، آرسنیک، سرب، جیوه و غیره)، نسبتاً ضروری (نیکل، وانادیوم، کبالت و غیره) و عناصر ضروری (مس، روی و سلنیوم) تقسیم‌بندی شوند. در آبزیان این عناصر از راه آب، غذا یا رسوب دریافت می‌شوند (Mert et al., 2014). در این میان عنصر روی

شدن مادرزادی استخوان‌ها در نوزادان می‌شود (Takeuchi and Nakazoe, 1981). طی روند تولید تجاری ماهی‌های پرورشی، تعیین کیفیت اسپرم و تخمک به منظور افزایش درصد لقاح مصنوعی، مورد توجه است و استفاده از گامت‌هایی با کیفیت مطلوب از مولدین مناسب برای به دست آوردن لاروهایی با مقاومت بالا بسیار اهمیت دارد. کیفیت هر دو گامت نر و ماده می‌تواند در موفقیت لقاح و بازماندگی لاروها مفید واقع شود (Bozkurt et al., 2006). تحرک اسپرم یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها در بررسی کیفیت اسپرم است که بر موفقیت لقاح تاثیر می‌گذارد (Billard et al., 1995). مطالعات گذشته موید این موضوع هستند که بررسی تحرک اسپرم به ویژه درصد اسپرم‌های متحرک می‌تواند به عنوان یک شاخص کلیدی برای ارزیابی موفقیت لقاح (درصد لقاح و نرخ تخم‌گشایی) محسوب شود (Lahnsteiner et al., 1998; Mansour et al., 2005). تغذیه مناسب به منظور دستیابی به میزان رشد مطلوب و حفظ سلامت ماهیان ضروری است. در دهه‌های گذشته تلاش زیادی برای درک ارتباط بین تغذیه و عملکرد تولیدمثلی در ماهیان پرورشی صورت گرفته و مواد مغذی مختلفی برای بهبود کیفیت گامت

پلاکتی مختل شده، بسیاری از مشکلات فیزیولوژیکی مانند اختلالات عصبی، ایمنی و تولیدمثلی مشاهده می‌شود، به صورتی که رشد و بلوغ جنسی دچار اختلال می‌شود (Dissanayake et al., 2010).

Watanabe, Yang و Ogino (۱۹۷۸)، (۱۹۹۷) و NRC (۲۰۱۱) میزان نیاز روی در ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان را ۱۵ تا ۳۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم غذا بیان کردند و اظهار داشتند که کمبود روی (۱ میلی‌گرم در هر کیلوگرم جیره) باعث توقف رشد، کاهش هضم‌پذیری پروتئین و کربوهیدرات و به احتمال زیاد در نهایت سبب کاهش فعالیت آنزیم کربوکسی پپتیداز می‌شود. Satoh و همکاران (۱۹۸۷) بیان کردند که افزودن ۴۰ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم غذا به همراه پودر ماهی در جیره باعث بهبود عملکرد رشد ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان و کپور شد. مطالعات نشان داده‌اند که ماهیان کپور و قزل‌آلای رنگین‌کمان قادر هستند مقدار ۱۷۰۰-۱۹۰۰ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم غذا را بدون نشان دادن علائم سمیت ظاهری تحمل کنند. در مقابل کمبود روی در جیره غذایی مولدین سبب کاهش تعداد تخم‌ها، کاهش قابلیت تخم‌گشایی تخم‌ها و بدشکل

آمده باشد. از این رو، در پژوهش حاضر اثر استفاده از جیره غذایی با شکل‌های مختلف مکمل روی در بازدهی تکثیر مولدین نر ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان مورد بررسی قرار گرفت.

#### مواد و روش‌ها

به منظور انجام این آزمایش تعداد ۱۰۸ قطعه مولد نر ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) از مرکز تحقیقات ژنتیک و اصلاح نژاد ماهیان سردآبی شهید مطهری یاسوج با میانگین وزن  $93.5 \pm 0.138/2$  کیلوگرم و طول  $80/27 \pm 49$  سانتی‌متر تهیه شد. شاخص‌های کیفیت آب طی دوره پرورش ماهیان به صورت منظم ثبت شد. آب مورد استفاده با دمای حدود  $11 \pm 0.6$  درجه سانتی‌گراد، اکسیژن محلول  $8 \pm 0.5$  میلی‌گرم در لیتر و  $7.57 \pm 0.3$  pH از چشمه تامین شد. ماهیان در قالب ۴ تیمار و هر تیمار با ۳ تکرار در ۱۲ استخر با ابعاد ۱۰ متر (طول) در ۱ متر (عرض) در ۱ متر (ارتفاع) به تعداد ۹ قطعه در هر استخر ذخیره‌سازی شدند. قبل از ذخیره‌سازی مولدین، کلیه استخرها با استفاده از آب چشمه و مواد شوینده کاملاً ضدعفونی و شستشو شدند، سپس خشک و آب‌گیری شدند. دوره آزمایش ۱۶ هفته بود و غذایی به صورت

استفاده شده است. در میان مواد مغذی مختلف، یکی از مهم‌ترین اجزای جیره غذایی آبزیان مواد معدنی است. وجود مواد معدنی کمیاب در جیره ضروری است، حتی تغییرات جزئی سطوح این مواد اثرات معنی‌داری بر سلامت و عملکرد تولیدمثلی دارد (Hedao et al., 2008). عوامل مختلفی در نحوه تولیدمثل ماهیان مولد و میزان بازماندگی و کیفیت نوزادان پس از تخم‌گذاری دخیل است. در این بین دو عامل تغذیه و شرایط بهینه تکثیر نقش کلیدی را ایفا می‌کنند. با توجه به محدود بودن مطالعات در زمینه اثر مکمل‌های روی در تولیدمثل ماهیان و تفاوت در ماهیت و دسترسی زیستی منابع مختلف روی (معدنی، نانویی و آلی) که دارای عملکردهای مختلفی هستند و با توجه به نقش عنصر روی که به اختصار به آن اشاره شد، در پژوهش حاضر سعی شد با کنترل شرایط محیطی مناسب مانند درجه حرارت، pH، اکسیژن، اثر استفاده از جیره غذایی با شکل‌های مختلف مکمل روی در بازدهی تکثیر مولدین نر ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان مورد بررسی قرار گیرد. این اثرات می‌تواند شامل تغییرات گسترده در کمیت و کیفیت اسپرم در والدین و همچنین تاثیر بر میزان لقاح، بازماندگی و رشد نتاج به دست

مساوی تقسیم شدند. از هر تیمار ۶ قطعه مولد نر انتخاب و اسپرم‌های استحالی به منظور یکسان شدن شرایط، با هم مخلوط شدند. عمل لقاح با اضافه کردن اسپرم‌های هر تیمار به یکی از ۱۲ ظرف حاوی تخمک انجام شد. تخم‌ها پس از آب‌گیری و سفت شدن، به ۱۲ سینی در چهار ترف در سالن انکوباسیون انتقال یافتند تا روند انکوباسیون در آن‌ها بررسی شود (Billard and Gillet, 1981).

#### مراحل آماده‌سازی جیره

برای آماده‌سازی جیره‌های مورد استفاده در آزمایش، مواد اولیه (فیدار پاتیرا، شهرکرد) پس از تهیه ابتدا طبق جدول ۱ با یکدیگر طی مراحل استاندارد ترکیب شدند و سپس با استفاده از دستگاه اکسترودر به قطر ۸ میلی‌متر در آمدند. ترکیبات مخلوط مکمل معدنی و ویتامینی در هر کیلوگرم پرمیکس (وتاک، سیرجان) به نسبت یک درصد جیره در جدول ۲ ارائه شده است.

#### جمع‌آوری اسپرم

نمونه‌گیری اسپرم از ماهیان نر قزل‌آلای رنگین‌کمان در پایان دوره آزمایش انجام گرفت. از هر تیمار شش قطعه ماهی صید شد و به صورت جداگانه در محلول پودر گل

روزانه به میزان یک درصد وزن بدن در دو نوبت در ساعت‌های ۸ و ۱۶ انجام گرفت.

#### تیمار بندی مولدین و نحوه لقاح

تیمار ۱: مولدهای نر که با جیره حاوی ۴۰ میلی‌گرم روی معدنی ( $ZnSO_4$ ) به ازای هر کیلوگرم جیره مورد تغذیه قرار گرفتند (Sato et al., 1987).

تیمار ۲: مولدهای نر که با جیره حاوی ۴۰ میلی‌گرم نانوذره اکسید روی ( $ZnO$ ، ۳۰-۱۰ نانومتر) به ازای هر کیلوگرم جیره مورد تغذیه قرار گرفتند.

تیمار ۳: مولدهای نر که با جیره حاوی ۴۰ میلی‌گرم روی آلی ( $Zn-Plex$ ) به ازای هر کیلوگرم جیره مورد تغذیه قرار گرفتند.

تیمار ۴: مولدهای نر شاهد که با جیره فاقد مکمل روی (جیره پایه) تغذیه شدند (شاهد).

برای انجام تکثیر، مخلوط تخمک ۴ قطعه ماهی ماده با مخلوط اسپرم ماهیان نر تغذیه شده با هر جیره آزمایشی طبق تیمار بندی ذکر شده لقاح داده شدند. برای عملیات لقاح، ابتدا استحصال تخمک از چهار قطعه مولد ماده که با غذای تجاری (کیمیاگران تغذیه، شهرکرد) تغذیه شده بودند، انجام شد. تخمک‌های هر چهار مولد ماده پس از توزین، در یک تشت پلاستیکی با هم مخلوط و سپس به ۱۲ قسمت

میخک (۱۵۰ ppm) بیهوش شدند و عملیات استحصال اسپرم صورت گرفت. محاسبه حجم اسپرم

مقدار اسپرم به دست آمده از هر مولد در مرحله اسپرم‌گیری در داخل لوله سر مخروطی مدرج ریخته شد و حجم آن بر حسب میلی‌لیتر محاسبه شد (Billard and Gillet, 1981).

رابطه ۱:

$$S_D (\text{cm}^3) = 5X \times 10^7$$

X: مجموع تعداد اسپرم‌ها در ۵ خانه شمارش شده در لام هموسیتمتر.

#### اندازه‌گیری طول دوره حرکت اسپرم

بعد از رقیق‌سازی اسپرم توسط رقیق کننده (سرم فیزیولوژی)، مدت زمان حرکت اسپرم از لحظه فعال شدن تا زمانی که همه اسپرم‌ها غیرمتحرک شدند با میکروسکوپ فازکنتراست مجهز به دوربین ثبت شد. همه آزمایش‌ها در سه تکرار و درجه حرارت اتاق (۲۲-۲۰ درجه سانتی‌گراد) انجام شد.

#### تعیین غلظت اسپرم

برای شمارش اسپرماتوزوئیدهای جمع‌آوری شده از مولدین به دلیل غلظت بالای اسپرم نمونه به نسبت ۲۰ : ۱ (یک حجم اسپرم و ۲۰ حجم محلول سرم فیزیولوژی) رقیق شد. سپس شمارش آن‌ها با استفاده از لام هموسیتمتر و میکروسکوپ فازکنتراست زمینه سیاه

جدول ۱: اجزای تشکیل دهنده جیره‌های آزمایشی

تیمار ۴	تیمار ۳	تیمار ۲	تیمار ۱	اجزای جیره
۳۸/۶	۳۸/۶	۳۸/۶	۳۸/۶	آرد ماهی (%)
۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	کنجاله سویا (%)
۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	آرد گندم (%)
۸	۸	۸	۸	روغن گیاهی (%)
۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	توکسین بایندر (%)
۲	۲	۲	۲	مخمر (%)
۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	نمک (%)
۱	۱	۱	۱	مخلوط مکمل معدنی و ویتامینی (%)
-	-	-	۸/۶۷	سولفات روی (g/kg)
-	-	۵	-	اکسید روی (g/kg)

روی آلی BioPlex Zinc (g/kg)

- ۲۰ - -

جدول ۲: ترکیبات مخلوط مکمل معدنی و ویتامینی در هر کیلوگرم پرمیکس به نسبت یک درصد جیره

تیمار ۴	تیمار ۳	تیمار ۲	تیمار ۱	اجزای مکمل معدنی و ویتامینی
۱۲۰۰۰۰۰	۱۲۰۰۰۰۰	۱۲۰۰۰۰۰	۱۲۰۰۰۰۰	ویتامین A (IU/kg)
۴۰۰۰۰۰	۴۰۰۰۰۰	۴۰۰۰۰۰	۴۰۰۰۰۰	ویتامین D (IU/kg)
۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۸	ویتامین K (g/kg)
۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	ویتامین E (g/kg)
۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	ویتامین C (g/kg)
۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	تیامین (g/kg)
۴	۴	۴	۴	ریبوفلاوین (g/kg)
۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	پیروکسیدین (g/kg)
۱/۶	۱/۶	۱/۶	۱/۶	فولیک اسید (g/kg)
۹	۹	۹	۹	پانتونیک اسید (g/kg)
۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	نیاسین (g/kg)
۲/۶	۲/۶	۲/۶	۲/۶	سولفات منگنز (g/kg)
۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	یدید پتاسیم (g/kg)
۴	۴	۴	۴	سولفات آهن (g/kg)
۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶	سولفات مس (g/kg)
۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	سولفات کبالت (mg/kg)
۵	۵	۵	۵	آنتی‌اکسیدان (g/kg)
۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	سلنیوم (mg/kg)

دستگاه میکروسانتزیفیوژ به مدت ۵ دقیقه و با دور ۱۴۰۰۰ در دقیقه سانتزیفیوژ شد و به وسیله خط‌کش مخصوص، درصد اسپرماتوکریت هر نمونه خوانده شد (Vladi et al., 2002).

محاسبه میزان اسپرماتوکریت به منظور محاسبه میزان اسپرماتوکریت، از اسپرم مولدین قبل از مخلوط کردن، به وسیله لوله میکروهماتوکریت نمونه‌برداری شد (Aas et al., 1991). سپس نمونه‌ها به وسیله

**تعیین درصد لقاح**

۸ روز پس از لقاح به منظور تعیین درصد لقاح در تیمارها، حدود ۱۰۰ عدد تخم، پس از شفاف‌سازی به وسیله محلول شفاف کننده حاوی متانول، اسید استیک و آب مقطر به نسبت ۱:۱:۱ مشاهده شدند و نمونه‌های دارای کمربند عصبی مورد شمارش قرار گرفتند. درصد لقاح تخم‌ها (F) مطابق رابطه ۲ محاسبه و ثبت شد (Kocabas and Kutluyer, 2017).

رابطه ۲:

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

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

**تعیین میزان چشم‌زدگی**

حدود ۱۴ روز پس از لقاح، تعیین 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 شدند. تخم‌های تلف شده با استفاده از پیوار جمع‌آوری شده و مورد شمارش قرار گرفتند. تخم‌های چشم زده به دقت شمارش و میزان بازماندگی تخم‌ها تا

مرحله چشم‌زدگی (E) از رابطه ۳ محاسبه شد (Kocabas and Kutluyer, 2017).

رابطه ۳:

$$E(\%) = (N_E / N_F) \times 100$$

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

**درصد تخم‌گشایی**

با تخم‌گشایی و ظهور آلبین دارای کیسه زرده، پوسته‌ها با استفاده از پیوار جمع‌آوری شدند و پس از شمارش، درصد تخم‌گشایی (H) از رابطه ۴ به دست آمد (Billard and Gillet, 1981).

رابطه ۴:

$$H(\%) = (N_L / N_E) \times 100$$

$N_L$ : تعداد لاروها؛  $N_E$ : تعداد تخم‌های چشم زده.

**بازماندگی لاروها تا مرحله جذب کیسه زرده (شروع تغذیه فعال)**

پس از این که دو سوم کیسه زرده لاروها جذب شد، با شمارش لاروهای تلف شده، میزان بازماندگی لارو تا مرحله جذب کیسه زرده (SR) از رابطه ۵ محاسبه شد و لاروهای سالم برای تغذیه دستی به درون تراف انتقال داده شدند (Billard and Gillet, 1981).

رابطه ۵:



$$SR (\%) = (N_L / N_T) \times 100$$

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

### نتایج

#### درصد بازماندگی

نتایج به دست آمده از میزان

#### بازماندگی

لاروها تا وزن یک گرم در تیمارهای مختلف با عنصر روی نشان داد که تیمار تغذیه شده با مکمل معدنی روی با  $83/8 \pm 0/9$  درصد بیشترین بازماندگی را در طول دوره پرورش داشت و تیمار شاهد با  $73/16 \pm 2/08$  درصد کمترین بازماندگی را به خود اختصاص داد. اختلاف درصد بازماندگی در بین تیمارها معنی‌دار بود ( $P < 0/05$ ؛ جدول ۳).

#### تجزیه تحلیل‌های آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۱) انجام شد. ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون Kolmogorov-Smirnov مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس برای بررسی داده‌های به دست آمده از آزمایش‌های مختلف، از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) و پس‌آزمون دانکن برای مقایسه میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد.

جدول ۳: درصد بازماندگی لاروهای ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در تیمارهای مختلف غذایی تا وزن ۱ گرم (میانگین  $\pm$  انحراف معیار)

گروه‌های آزمایشی	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ۴
درصد بازماندگی	$83/0 \pm 8/90^c$	$77/1 \pm 3/97^b$	$81/1 \pm 3/26^c$	$73/2 \pm 16/08^a$

حروف غیرهمسان نشانه وجود اختلاف معنی‌دار است ( $P < 0/05$ ).

جدول ۴: شاخص‌های تولیدمثلی قزل‌آلای رنگین‌کمان در تیمارهای مختلف (میانگین  $\pm$  انحراف معیار)

شاخص‌های کیفی	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ۴
لقاح (%)	$92/2 \pm 4/26^b$	$85/2 \pm 7/71^a$	$91/0 \pm 5/70^b$	$82/2 \pm 5/45^a$
چشم زدگی (%)	$88/1 \pm 1/87^b$	$81/2 \pm 9/58^a$	$87/0 \pm 7/8^b$	$79/1 \pm 8/78^a$
تخم گشایی (%)	$86/1 \pm 2/27^c$	$80/1 \pm 10/25^b$	$85/0 \pm 4/7^c$	$77/1 \pm 4/98^a$
حجم اسپرم (mL)	$22/6 \pm 8/2^a$	$21/6 \pm 3/5^a$	$23/3 \pm 16/5^a$	$21/6 \pm 3/6^a$
غلظت اسپرما توزوآ (cell $\times 10^9$ /mL)	$5/1 \pm 9/31^a$	$4/0 \pm 9/7^a$	$5/1 \pm 7/8^a$	$4/0 \pm 4/7^a$

۶۷/۲±۳/۵ <sup>a</sup>	۴±۸۲/۳ <sup>b</sup>	۷۷/۲±۶/۵ <sup>b</sup>	۴±۸۴ <sup>b</sup>	زمان تحرک اسپرم (s)
۲۵/۱±۹/۶۶ <sup>a</sup>	۲۷/۰±۲/۹ <sup>ab</sup>	۲۷/۰±۹/۸ <sup>ab</sup>	۲۸/۰±۴/۲ <sup>b</sup>	اسپرماتوکریت (%)

حروف غیرهمسان در هر سطر نشانه وجود اختلاف معنی‌دار است ( $P < 0.05$ ).

### شاخص‌های تولیدمثلی

اسپرماتوکریت در بین تیمارها معنی‌دار بود ( $P < 0.05$ ؛ جدول ۴).

### بحث

در مزارع تکثیر و پرورش ماهی شاخص‌های زیستی و غیرزنده که روی کیفیت اسپرم اثر می‌گذارند، متنوع هستند و این اثرات به تعاملات متقابل بین ژنتیک، شاخص‌های فیزیولوژیکی و محیطی بستگی دارد. ارزیابی کیفیت اسپرم در مراکز تکثیر می‌تواند اطلاعات کاربردی را در اختیار تکثیرکنندگان و پژوهشگران قرار دهد که برای تعیین بهترین شرایط پرورشی گله مولدین، دست‌کاری‌های بهینه و نگهداری اسپرماتوزوآ قبل از لقاح قابل استفاده است (Rurangwa et al., 2004). نتایج به دست آمده طی ۱۶ هفته غذایی و به دنبال آن تکثیر، مشخص کرد که مکمل معدنی روی اثر معنی‌داری بر شاخص‌های تولیدمثلی از جمله درصد لقاح، درصد چشم‌زدگی، نرخ تخم‌گذاری، زمان حرکت اسپرم و میزان اسپرماتوکریت در مولدین نر قزل‌آلای رنگین‌کمان داشت. در پژوهش حاضر نتایج

نتایج بررسی شاخص‌های تولیدمثلی و موفقیت لقاح ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نر در مطالعه حاضر، در جدول ۴ نشان داده شده است. بررسی میزان لقاح، چشم‌زدگی و تخم‌گذاری در گروه‌های آزمایشی مختلف نشان داد که تیمارهای حاوی مکمل ماده معدنی و آلی روی بیشترین درصد لقاح، چشم‌زدگی و تخم‌گذاری را داشتند و با سایر تیمارهای غذایی اختلاف معنی‌داری را نشان دادند ( $P < 0.05$ ). بین حجم اسپرم و غلظت اسپرماتوزوآ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ( $P > 0.05$ ). کمترین زمان تحرک اسپرم مربوط به تیمار تغذیه شده با غذای فاقد روی ( $67/3 \pm 3/5$  ثانیه) و بیشترین زمان تحرک مربوط به تیمار تغذیه شده با روی معدنی ( $84 \pm 4$  ثانیه) بود. میزان اسپرماتوکریت در تیمار شاهد ( $25/9 \pm 1/66$ ) کمترین و در تیمار تغذیه شده با مکمل معدنی روی ( $28/4 \pm 0/2$ ) بیشترین میزان را داشت. اختلاف میزان

تولید متفاوت است (Zhao et al., 2014). اگرچه نتایج بیشتر این پژوهش‌ها نشان داده که میزان دسترسی زیستی به روی آلی بیش از روی معدنی است، اما کاربرد روی آلی در جیره جانوران به علت بالا بودن هزینه آن محدود است. از آن جایی که قابلیت استفاده از روی غیرآلی کم است، به منظور پاسخگویی به نیاز جانوران، غلظت افزوده شده آن به جیره ۲۰ تا ۳۰ برابر بیشتر از نیاز طبیعی آن‌ها است (Bratz et al., 2013). طی مطالعه‌ای درباره ارزیابی اثر روی بر کیفیت اسپرم در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان و ماهی *Salmo coruhensis* دریافتند که محلول فعال‌کننده حاوی کربنات سدیم همراه با ۱ میلی‌مول ماده معدنی روی سبب افزایش درصد و طول دوره تحرک اسپرم، باروری و نرخ تخم‌گذاری شد (Kocabas and Kutluyer, 2017). در رابطه با درصد چشم‌زدگی و تخم‌گذاری در پژوهش حاضر، نتایج نشان داد که بالاترین مقدار مربوط به تخم‌هایی بود که با اسپرم استحصال شده از مولدین تغذیه شده با جیره حاوی مکمل معدنی روی لقاح داده شدند و کمترین مقدار مربوط به جیره فاقد ماده معدنی روی (شاهد) بود. نتایج این پژوهش نشان داد که تمام مکمل‌های روی شامل روی معدنی، نانویی

نشان داد که درصد لقاح در بین مولدین تغذیه شده با جیره‌های حاوی مکمل‌های روی معدنی و آلی تفاوت معنی‌داری نداشتند. درصد تخم-گشایی در این دو تیمار با جیره‌های فاقد روی و دارای نانوذره روی تفاوت معنی‌داری داشتند. بسته به مقدار و فرم شیمیایی، عنصر روی می‌تواند به عنوان ماده مغذی، آنتی‌اکسیدان و حتی به عنوان ماده سمی عمل کند و بنابراین منابع مختلف روی دارای عملکردهای مختلفی هستند (Lin et al., 2013). منابع روی غیرآلی یا معدنی شامل انواع نمک‌های شیمیایی حاوی این عنصر همچون اکسید روی (ZnO)، کلرید روی (ZnCl<sub>2</sub>) و سولفات روی (ZnSO<sub>4</sub>) هستند که همگی در ساخت جیره‌های غذایی آبزیان قابل استفاده هستند. منابع مختلفی از روی آلی نیز در پژوهش‌های مختلف به عنوان ماده افزودنی به جیره آبزیان مورد مطالعه قرار گرفته‌اند که شامل مخلوط یا کمپلکسی از آمینو اسید با روی (Zn-AA)، روی متیونین، روی لیزین، روی کلوکونات، روی استات، روی پیکولینات، روی پروپیونات و روی پروتئیناز است (Magee et al., 2001; Kucukbay et al., 2006).

در مطالعات مختلف نشان داده شده است که اثرات منابع آلی و معدنی روی بر عملکرد

و آلی تاثیر معنی‌داری بر افزایش زمان تحرک، اسپرمتوکریت، حجم و غلظت مایع اسپرمی قزل‌آلای رنگین‌کمان داشتند. با این وجود تیمار حاوی مکمل روی معدنی تاثیر به مراتب بیشتری در مقایسه با تیمارهای حاوی مکمل روی آلی و نانویی داشت. روی در مایع اسپرمی سبب تثبیت غشای سلولی و ساختار کروماتین هسته‌ای می‌شود و به علاوه عملکرد ضدباکتریایی نیز دارد (Lin et al., 2013).

مقدار روی مایع اسپرمی با pH، حجم، غلظت و قابلیت زیستی اسپرم متناسب است (Meeker et al., 2008; Colagar et al., 2009).

Baumann و Gillespie (۱۹۸۶) اثرات استفاده از غلظت بالای سلنیوم بر تولیدمثل ماهی آبشش آبی (*Lepomis macrochirus*) را مورد بررسی قرار دادند و بر اساس نتایج، اختلاف معنی‌داری بین درصد لقاح و درصد تخم‌گشایی در تیمارها مشاهده نکردند، ولی با این حال غلظت بالای سلنیوم باعث کاهش نرخ مرگ و میر لاروها در مرحله شنای فعال شد. در مطالعه سیدی و کلباسی (۱۳۹۵) بر تاثیر سطوح و زمان‌های مختلف تیمار با نانوسلنیوم بر آسیب DNA، تغییرات آنزیمی مایع اسپرمی و شاخص‌های کیفی اسپرم ماهی کاراس

طلایی (*Carassius auratus gibelio*) مشخص شد که مقادیر نانوسلنیوم با غلظت‌های ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره غذایی به مدت ۳۰ روز سبب بهبود شاخص‌های کیفی اسپرم، توسعه گنادی و عملکرد آنتی‌اکسیدانی در این ماهی شد. با توجه به این که در مطالعات پیشین موضوعی مشابه با پژوهش حاضر که به بررسی شاخص‌های اسپرم ماهی پرداخته باشد، یافت نشد، شاخص‌های اندازه‌گیری شده در این پژوهش با یافته‌های سایر مطالعات در جانوران دیگر مقایسه شده است. در مطالعه‌ای توسط Krishnamurthy و همکاران (۱۹۹۸) بر نقش محافظتی روی در اسپرمتوزن موش صحرائی انجام شد، نشان داده شد که استفاده از اسپرمتاتوگونی را در برابر مرگ سلولی محافظت کند. همچنین مشخص شده است که روی، در حفظ سلامتی اسپرم نقش اساسی دارد و سبب حفظ ساختمان اسپرم و کروماتین و افزایش فعالیت و حرکت رو به جلوی اسپرم‌ها می‌شود و کمبود آن، سبب از بین رفتن فعالیت آکروزوم و اختلال در باروری تخمک می‌شود (Al-Bader Aroma and Dashti, 1999).

روی در دستگاه تولیدمثل سبب تقویت

اسپرما توژنز، بلوغ اسپرم و حفظ اپی‌تلیوم زاینده شده، یک عنصر آنتی‌اکسیدانسی است و نقش مهم و محافظت‌کننده‌ای در برابر رادیکال‌های آزاد دارد (Jain et al., 2008). بین غلظت روی و تستوسترون پلازما ارتباط معنی‌داری وجود دارد، بنابراین تامین روی کافی برای عملکرد اسپرم ضروری است (Mocchegiani et al., 2000). افزودن مکمل روی به جیره غذایی جانوران مبتلا به کمبود آن، با افزایش غلظت و میزان تحرک اسپرم باعث بهبود در باروری می‌شود (Cupic et al., 1998). در مطالعه‌ای Kendall و همکاران (۲۰۰۰) به قوچ‌هایی که در مراتع چرا می‌کردند و به نظر نمی‌رسید کمبود روی داشته باشند، مکمل روی خوراندند و کیفیت اسپرم آن‌ها را با اندازه‌گیری حجم اسپرم، اسپرما توکریت، تراکم، تحرک و درصد اسپرم زنده و میزان روی در مایع اسپرمی ارزیابی کردند. قوچ‌های تغذیه شده با جیره داراری مکمل روی، افزایش چشم‌گیر تحرک و درصد اسپرم زنده را نشان دادند. در آزمایش حاضر نتایج با پژوهش مذکور تطابق داشت، به صورتی که تیمارهای تغذیه شده با مکمل روی اختلاف معنی‌داری را در شاخص‌های زمان تحرک، اسپرما توکریت، حجم و غلظت مایع اسپرمی قزل‌آلای رنگین‌کمان با تیمار شاهد داشتند که می‌توان علت آن را نقش آنتی‌اکسیدانسی عنصر روی که سبب حفظ ساختمان اسپرم و حرکت رو به جلوی آن می‌شود، دانست. مکمل روی به اشکال آلی یا معدنی در جیره گاوهای نر دورگه باعث بهبود ویژگی‌های کمی (حجم، غلظت و تعداد اسپرم به ازای هر انزال) و شاخص‌های کیفی (تحرک، درصد زنده مانی و pH) می‌شود (Kumar et al., 2006). در جمع‌بندی نتایج پژوهش حاضر می‌توان چنین عنوان کرد که مکمل‌های حاوی روی در جیره مولدین نر ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌تواند شاخص‌های کمی و کیفی مایع اسپرمی را در این ماهی تحت تاثیر قرار دهد. همچنین فرم معدنی عنصر روی می‌تواند با خواص آنتی‌اکسیدانسی سلامت سلول‌های اسپرم را بالا ببرد و باعث افزایش کارایی اسپرم در امر لقاح شود. مقایسه نتایج به دست آمده با مطالعات انجام شده در گذشته نشان می‌دهد که فرم معدنی عنصر روی تاثیر بسیار خوبی در رشد اسپرما توژنیدها نشان داد و بیشترین میزان اسپرم‌های بالغ را به دنبال داشت. بنابراین با استناد به نتایج این پژوهش می‌توان بیان کرد که استفاده از فرم معدنی عنصر روی در جیره غذایی مولدین قزل‌آلای رنگین‌کمان

سبب بهبود فرآیند تکثیر ماهیان می‌شود. هرچند پژوهش‌های گسترده‌تری با توجه به جدید بودن مطالعات در این زمینه، مورد نیاز است.

از ریاست و کارشناسان محترم مرکز تحقیقات ژنتیک و اصلاح نژاد ماهیان سردآبی شهید مطهری یاسوج و شرکت داروسازی وتاک سیرجان به دلیل فراهم نمودن امکانات آزمایشگاهی و مشارکت‌های فکری و فنی سپاسگزاری می‌گردد.

**تشکر و قدردانی**

## منابع

- سلیمی خورشیدی ن. کیوان شکوه س. سلاطی ا.پ. ذاکری م. محمودی ن.ا. طهماسبی کهیانی ا. ۱۳۹۱. تاثیر سطوح مختلف نوکلئوتید جیره بر ترکیب لاشه در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*). مجله اقیانوس شناسی، ۳(۹): ۴۶-۴۱.
- سیدی ج. کلباسی م.ر. 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. ۷۶ص.
- Aas G.H., Refstie T. and Gjerde B. 1991. Evaluation of milt quality of Atlantic salmon. *Aquaculture*, 95: 125-132.
- Al-Bader Aroma A.E. and Dashti H. 1999. Chronic cadmium toxicity to sperm of heavy cigarette smokers; Immunomodulation by zinc. *Archives of Andrology*, 43: 135-140.
- Billard R. and Gillet C. 1981. Ageing of eggs and temperature potentialization of micropollutant effects of the aquaculture medium on trout gametes. *Cahier du Laboratoire de Montereau*, 12: 35-42.
- Billard R., Cosson J., Perchec G. and Linhart O. 1995. Biology of sperm and artificial reproduction in carp. *Aquaculture*, 129: 95-112.
- Bozkurt Y., Secer S. and Bejcan S. 2006. Relationship between spermatozoa motility, egg size, fecundity and fertilization success in *Salmo trutta abanticus*. *Tarim Bilimleri Dergisi*, 12(4): 345-348.
- Bratz K., Golz G., Riedel C., Janczyk P., Nockler K. and Alter T. 2013. Inhibitory effect of high-dosage zinc oxide dietary supplementation on *Campylobacter coli* excretion in weaned piglets. *Journal of Applied Microbiology*, 115(5): 1194-1202.
- Colagar A.H., Marzony E.T. and Chaichi M.J. 2009. Zinc levels in seminal plasma are associated with sperm quality in fertile and infertile men. *Nutrition Research*, 29: 82-88.
- Cupic Z., Sinovec Z., Veselinovic S., Ivkov O., Veselinovic S. and Medic D. 1998. The effect of dietary zinc, on semen quality in holstein friesian bulls. *Proceedings of the 4th International Symposium on Animal Reproduction*, Macedonia. 96P.
- Dissanayake D., Wijesinghe P., Ratnasooriya W. and

- Wimalasena S. 2010.** Relationship between seminal plasma zinc and semen quality in a subfertile population. *Journal of Human Reproductive Sciences*, 3: 124–128.
- 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. *Veterinary World*, 1: 71–72.
- Jain A., Agrawal B.K. and Jadhav A.A. 2008.** Serum zinc and malondialdehyde concentrations and their relation to total antioxidant capacity in protein energy malnutrition. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 54(5): 392–395.
- Kendall N.R., McMullen S., Green A. and Rodway R.G. 2000.** The effect of a zinc, cobalt and selenium soluble glass bolus on trace elements status and semen quality of ram lambs. *Animal Reproduction Science*, 62(4): 277–283.
- Kocabas M. and Kutluyer F. 2017.** In vitro effect of zinc: Evaluation of the sperm quality of endangered trout (*Salmo coruhensis*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and fertilizing capacity. *International Journal of Aquaculture and Fishery Sciences*, 3(2): 46–50.
- Krishnamurthy H., Jagetia G.C. and Jyothi P. 1998.** Radio-protective effect of zinc aspartate on mouse spermatogenesis: A flow cytometric evaluation. *Mutation Research*, 401: 111–120.
- Kucukbay Z., Yazlak H., Sahin N. and Tuzcu M. 2006.** Zinc picolinate supplementation decreases oxidative stress in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 257: 465–469.
- Kumar N., Verma R.P., Singha L.P., Varshney V.P. and Dass R.S. 2006.** Effect of different levels and sources of zinc supplementation on quantitative and qualitative semen attributes and serum testosterone level in crossbred cattle (*Bos indicus* × *Bos taurus*) bulls. *Reproduction Nutrition Development*, 46(6): 663–675.
- Lahnsteiner F., Berger B., Weismann T. and Patzner R.A. 1998.** Evaluation of semen quality of the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) by sperm motility, seminal plasma parameters and spermatozoa metabolism. *Aquaculture*, 163: 163–181.



- Lin S., Lin X., Yang Y., Li F. and Luo L. 2013.** Comparison of chelated zinc and zinc sulfate as zinc sources for growth and immune response of shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture*, 406-407: 79–84.
- Magee A., Julshamn K. and Berge G.E. 2001.** Zinc gluconate and zinc sulphate as dietary zinc sources for Atlantic salmon. *Aquaculture Nutrition*, 7(3): 183–187.
- Mansour N., Ramoun A. and Lahnsteiner F. 2005.** Quality of testicular semen of African catfish (*Clarias gariepinus*) and its relationship with fertilization and hatching success. *Aquaculture Research*, 36: 1422–1428.
- Meeker J.D., Rossano M.G., Protas B., Diamond M.P., Puscheck E., Daly D., Paneth N. and Wirth J.J. 2008.** Cadmium, lead, and other metals in relation to semen quality: Human evidence for molybdenum as a male reproductive toxicant. *Environmental Health Perspectives*, 116: 1473–1479.
- Mert R., Alas A., Bulut S. and Ozcan M.M. 2014.** Determination of heavy metal contents in some freshwater fishes. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186(11): 8017–8022.
- Mocchegiani E., Muzzioli M. and Giacconi R. 2000.** Zinc and immunoresistance to infections in ageing: New biological tools. *Trends in Pharmacological Sciences*, 21(6): 205–220.
- NRC 2011.** Nutrient Requirement of Fish and Shrimp. National Research Council, USA. 77P.
- Ogino C. and Yang G.Y. 1978.** Requirement of rainbow trout for dietary zinc. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 44(9): 1015–1018.
- Rurangwa E., Kime D.E., Ollevier F. and Nash J.P. 2004.** The measurement of sperm motility and factors affecting sperm quality in cultured fish. *Aquaculture*, 234: 1–28.
- Satoh S., Takeuchi T. and Watanabe T. 1987.** Availability to rainbow trout of zinc in white fish meal and of various zinc compounds. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 53(4): 595–599.
- Spry D.J., Hodson P.V. and Wood C.M. 1988.** Relative contributions of dietary and waterborne zinc in the rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 45: 32–41.
- Takeuchi M. and Nakazoe J. 1981.** Requirement of chum salmon held in freshwater for dietary phosphorus. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 46: 361–367.
- Tan B. and Mai K. 2001.** Zinc methionine and zinc sulfate as

- sources of dietary zinc for juvenile abalone, *Haliotis discus hannai* Ino. *Aquaculture*, 192(1): 67–84.
- Trushenski J., Kasper C. and Kohler C. 2006.** Challenges and opportunities in finfish nutrition. *North American Journal of Aquaculture*, 68(2): 122–140.
- Vladi T.V., Afzelius B.A. and G.E. Bronnikov G.E. 2002.** Sperm quality as reflected through morphology in salmon alternative life histories. *Biology of Reproduction*, 66: 98–105.
- Watanabe T., Kiron V. and Satoh S. 1997.** Trace minerals in fish nutrition. *Aquaculture*, 151: 185–207.
- Willis J.N. and Sunda W.G. 1984.** Relative contributions of food and water in the accumulation of zinc by two species of marine fish. *Marine Biology*, 80(3): 273–279.
- Zhao C.Y., Tan S.X., Xiao X.Y., Qiu X.S., Pan J.Q. and Tang Z.X. 2014.** Effects of dietary zinc oxide nanoparticles on growth performance and antioxidative status in broilers. *Biological Trace Element Research*, 160(3): 361–367.



Research Paper

**Effect of feeding with different sources of zinc supplements on reproductive indices of male rainbow trout broodstock (*Oncorhynchus mykiss*)**

Esmail Kazemi<sup>1</sup>, Iman Sourinejad<sup>2\*</sup>, Alireza Ghaedi<sup>3</sup>, Seyed Ali Johari<sup>4</sup>, Zahra Ghasemi<sup>5</sup>

Received: November 2018

Accepted: March 2019

**Abstract**

In this study, the effect of feeding with different sources of zinc supplements on reproductive indices of male rainbow trout was investigated. Feeding treatments for 16 weeks of research period included: (1) male broodstock fed with diet containing 40mg/kg of inorganic zinc, (2) male broodstock fed with diet containing 40mg/kg of zinc nanoparticles, (3) male broodstock fed with diet containing 40mg/kg of organic zinc and (4) male broodstock fed with zinc-free diet (control). Breeding and fertilization were performed for different treatments using the control of female oocytes. The highest percentage of fertilization eyed eggs and hatched eggs were observed in rainbow trout broodstock fed with diet containing 40mg/kg of inorganic zinc. Sperm concentration, volume, and motility duration, as well as hematocrit percentage, were higher in all treatments supplemented with zinc compared to control. Offspring survival up to 1g of weight was significantly higher in fish fed with diet containing inorganic zinc than other treatments ( $P<0.05$ ). The results of this study showed that zinc supplements would play an important role in improving the capability and functional performance of male rainbow trout.

**Key words:** *Rainbow Trout, Zinc, Reproduction, Supplement, Survival.*

1- Ph.D. Student of Aquaculture, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.

2- Associate Professor in Department of Fisheries, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.

3- Assistant Professor in Fisheries Research Institute of Iran, Shahid Motahari Clod-water Fish Genetics and Breeding Research Center, Yasouj, Iran.

4- Associate Professor in Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

5- Assistant Professor in Department of Fisheries, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.

\*Corresponding Author: [sourinejad@hormozgan.ac.ir](mailto:sourinejad@hormozgan.ac.ir)

