# نقش روی در جیره غذایی و عملکرد تولیدمثلی ماهی قزل آلا

اسماعیل کاظمی، رقیه محمودی، جواد مهدوی جهان آباد، سید حسین مرادیان، سید عبدالحمید حسینی و عیسی فلاحت

*esmaeil.kazemi.1986@gmail.com

مرکز تحقیقات ژنتیک و اصلاح نژاد ماهیان سردآبی شهید مطهری ، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران.

**چکیده**

مواد معدنی به عنوان یکی از مهمترین اجزاء جیره غذایی آبزیان، در فعالیت های حیاتی از جمله شکل گیری استخوان، نگهداری سیستم کلوییدی، تنظیم تعادل اسید-باز، عملکرد ترکیبات فعال زیستی از جمله هورمون ها و آنزیم ها و عملکرد تولید مثلی و سلامت مهم می‌باشند. عنصر روی، نقش مهمی در بسیاری از فعالیت‌های زیستی موجودات زنده بازی می‌کند و به عنوان عنصر کمیاب ضروری یا ریز مغذی تعریف می‌شود. این عنصر معدنی برای رشد و متابولیسم، بهبود زخم‌ها و عملکرد سیستم ایمنی، تولید مثل و مهار رادیکال‌های آزاد اکسیژن در حیوانات ضروری می‌باشد. نقش روی در ساختمان پروتئین ها نیز شناخته شده است و تعداد زیادی آنزیم به این عنصر جهت انجام فعالیت‌های خود نیاز دارند. افزودن عناصر ریزمغذی از جمله روی به جیره غذایی گونه های مختلف آبزیان در بسیاری از عملکردهای آبزیان از جمله رشد، تولید مثل و سوخت و ساز بسیار تأثیرگذار می باشد. این اثرات می تواند شامل تغییرات گسترده بر میزان لقاح و بازماندگی و رشد نتاج حاصل باشد. این مطالعه به بررسی استفاده از ریزمغذی روی در جیره غذایی و عملکرد تولیدمثلی آبزیان پرداخته است. بر اساس مرور مطالعات انجام شده مشخص می گردد که میزان بهینه عنصر روی در آبزیان مهمی همچون ماهی قزل آلای رنگین کمان، میگوی دراز آب شیرین و ماهی حوض به ترتیب ۶۰، ۱۰-۶۰ و ۶۰ میلی گرم در هر کیلو گرم جیره می باشد. بر این اساس توجه به تامین مقدار مورد نیاز این عنصر بوسیله مکمل های معدنی مناسب در جیره های غذایی آبزیان بسیار ضروری به نظر می رسد.

**کلمات کلیدی:** روی، ریز مغذی، تولید مثل، آبزیان ، مواد معدنی.

**مقدمه**

پرورش موفقیت آمیز و مداوم ماهی ها بستگی به مصرف غذاهای مناسب از لحاظ ارزش غذایی، سازگاری با محیط زیست و صرفه جویی اقتصادی دارد. تهیه غذا یکی از مهمترین بخش ها در پرورش آبزیان به شمار می آید بطوریکه معمولا ۵۰ تا ۷۰ درصد از کل هزینه های لازم برای سیستم های پرورش ماهی را بخش تغذیه و ساخت غذای ماهی تشکیل می دهد و بنابراین جیره های غذایی باید با توجه به اصول علمی و نیازهای تغذیه ای هر ماهی با توجه به نوع و گونه در نظر گرفته شود (افشار مازنداران، ۱۳۸۱). در حال حاضر صنعت جهانی تولید خوراک آبزیان پرورشی توسعه چشم گیری یافته و تنوع گسترده ای از خوراک های تخصصی شده در دسترس می باشد، موضوعات جدید که در سیستم های غذا و غذادهی مطرح شده است، حاصل بازنگری مداوم استراتژی های تغذیه ای پرورش دهندگان ماهی می باشد که انتخاب آن باید متناسب نوع خوراک و روش های غذادهی صورت گیرد. بسیاری از جیره های غذایی که بطور دستی ساخته شده و در تغذیه آبزیان مورد استفاده قرار می گیرند به علت مشکلاتی که در کیفیت اولیه مواد خام

**مواد معدنی به عنوان یکی از مهمترین اجزاء جیره غذایی آبزیان، در فعالیت های حیاتی از جمله شکل گیری استخوان، نگهداری سیستم کلوییدی، تنظیم تعادل اسید-باز، عملکرد ترکیبات فعال زیستی از جمله هورمون ها و آنزیم ها و عملکرد تولید مثلی و سلامت مهم می‌باشند.**

و یا تاثیرات مضر مراحل فرآوری غذا بر روی ترکیبات آن می گذارد، بخشی از ارزش غذایی خود را از دست داده و این جیره به طور کامل تامین کننده نیازهای تغذیه ای ماهیان نمی باشد، لذا استفاده از مکمل های غذایی در بسیاری از موارد امری اجتناب ناپذیر است (Benny and Vanitha, 2004). از طرفی، تامین نیازهای تغذیه ای ماهیان یکی از بخش های مهم در موفقیت آمیز بودن روند پرورش و نگهداری ماهیان می باشد. با توجه به یافته های موجود، روی به عنوان یکی از مکمل های غذایی است که در تغذیه ماهیان مطرح می باشد. از سوی دیگر، توسعه و پیشرفت صنعت آبزی پروری در گرو جیره غذایی مناسبی است که می تواند تا حدودی نیازهای گونه های پرورشی را تامین نمایند (Yamamoto et al, 2000). موفقیت در تمامی سیستم های پرورش ماهی نیازمند تغذیه مطلوب به منظور رشد مناسب، حفظ سلامت و افزایش مقاومت در برابر عوامل نامناسب محیطی نظیر انواع استرس ها و بیماری ها می باشد، به طوری که مکمل های ویتامینی و معدنی برای بهبود رشد و سلامت بیشتر ماهیان به جیره های غذایی اضافه می گردند. در میان اجزای جیره توجه به مواد معدنی از مهم ترین موضوعات تغذیه ماهی به حساب می آیند زیرا با وجود اینکه در جیره به میزان کم لحاظ می گردند ولی بر فیزیولوژی و متابولیسم عمومی بدن بسیار موثرند (Yamamoto et al, 2000).

**مواد معدنی در جیره غذایی آبزیان:**

موجودات آبزی و همچنین انواع ماهیان، مواد معدنی و از جمله فلزات را از طریق زنجیره های غذایی و آب در بدن خود ذخیره می نمایند، بطوریکه غلظت این فلزات در بدن ماهی به عوامل زیادی مانند شرایط محیطی (دما، شوری، پی- اچ)، اختلاف های زیستی، منبع غذایی، فصل، وضعیت شیمیایی آب و آلوده کننده ها و در نهایت به روش فرآوری غذا بستگی دارد. (Benny and Vanitha, 2004).

بسیاری از فرایندهای مربوط به سوخت و ساز و سلامت آبزیان پرورشی، وابسته به وجود مواد معدنی در جیره غذایی آبزیان می باشد که جهت انجام این فرآیندها، ضروری می باشد (Benny and Vanitha, 2004). اغلب جیره های غذایی قادر به تامین کامل نیازهای معدنی در ماهیان نبوده و ضروری است که این کمبودها در قالب مکمل های ویتامینی و معدنی به جیره های غذایی اضافه گردند. اغلب موجودات زنده قادر به ساخت عناصر معدنی نبوده و نیاز بدن را از طریق جیره غذایی تامین می نمایند، بنابراین جیره غذایی که با کمبود مواد معدنی مواجه باشد با مشکلات متعددی همراه بوده و اختلالات مهمی همچون آسیب های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی را سبب می گردند (Willis et al, 2005). از سوی دیگر، موفقیت در تمامی سیستم های پرورش ماهی نیازمند تغذیه مطلوب به منظور رشد مناسب، حفظ سلامت و افزایش مقاومت در برابر عوامل نامناسب محیطی نظیر انواع استرس ها و بیماری ها می باشد. به طوریکه وجود مکمل های ویتامینی و معدنی برای بهبود رشد و سلامت بیشتر ماهیان به جیره های غذایی اضافه می گردند. نقش های مختلفی در رابطه با ترکیبات غذایی بیان شده است که از آن جمله می توان به سوخت و ساز بهتر غذا، افزایش سختی و مقاومت استخوان ها، تبادلات یونی و تعادل بهتر اسمزی اشاره نمود. مواد معدنی از جمله عناصر ضروری برای ماهی و سایر موجودات عالی است که در همه سلول های موجودات زنده وجود دارد و نقشی کلیدی در تغذیه و متابولیسم آن ها بازی می کند (Lambert et al, 2003). با توجه به نقش بیولوژیک مواد معدنی می توان آن ها را در گروه های مختلفی همچون عناصر ضروری، غیرضروری و سمی طبقه بندی نمود (Tokudome et al, 2011). از آنجائیکه فلزاتی مانند روی، مس و آهن نقش بسیار مهمی را در سیستم های بیولوژیک ایفا می نمایند، در گروه عناصر ضروری طبقه بندی می شوند. همچنین در صورتیکه این عناصر ضروری به مقدار بیش از حد وارد بدن شوند، قادر هستند اثرات

**از آنجائیکه فلزاتی مانند روی، مس و آهن نقش بسیار مهمی را در سیستم های بیولوژیک ایفا می نمایند، در گروه عناصر ضروری طبقه بندی می شوند.**

سمی ایجاد نمایند (Benny and Vanitha, 2004).

در حال حاضر ۲۹ عنصر از ۹۰ عنصر به طور طبیعی برای حیات حیوانات ضروری شناخته شده اند (Trushenski et al, 2006). هر یک از عناصر غذایی دارای نقش مهمی در سوخت و ساز موجودات زنده هستند، این عناصر می توانند به عناصر دارای پتانسیل سمیت (آلومینیوم، آرسنیک، سرب، جیوه و غیره)، نسبتا ضروری (نیکل، واندیوم و کبالت) و عناصر ضروری (مس، روی و سلنیوم) تقسیم بندی گردند. در آبزیان این عناصر از راه آب، غذا یا رسوب گرفته می شوند (Mert et al, 2014). همچون پستانداران، در آبزیان نیز عناصر ضروری کمیاب برای عملکرد های حیاتی از جمله سوخت و ساز، رشد و تولید مثل مورد نیاز می باشند. ریز مغذی ها در فعالیت های حیاتی آبزیان از جمله شکل گیری استخوان، نگهداری سیستم کلوییدی، تنظیم تعادل اسید-باز و عملکرد ترکیبات فعال زیستی از جمله هورمون ها و آنزیم ها مهم می باشند (Watanabe et al, 1997). در این میان عنصر روی عنصری معمول در موجودات زنده و محیط طبیعی است که نقش مهمی را در بسیاری از فعالیت های زیستی بازی می کند و به عنوان عنصرکمیاب ضروری یا ریز مغذی تعریف می شود. عنصر روی برای رشد، بهبود زخم و عملکرد سیستم ایمنی، باروری و مهار رادیکال های اکسیژن آزاد درحیوانات ضروری می باشد (Zhao et al, 2014). نقش روی در ساختمان پروتئین ها شناخته شده است و تعداد زیادی آنزیم که به این عنصر جهت تعدیل فعالیت های خود نیاز دارند نیز مشخص شده است. سطح طبیعی عنصر روی در ماهیان آب شیرین (Tan et al, 2001) و آب شور (Willis et al, 1984) به منظور پاسخگویی به نیاز رشد آبزی ناکافی گزارش شده است. از این رو این عنصر به عنوان ریز مغذی ضروری در تغذیه ماهیان مورد توجه قرار گرفته است و می تواند جهت تامین نیازهای غذایی ماهیان به جیره اضافه گردد (Tan et al, 2000).

عناصر کم مصرف همانند مس، روی، منگنز، کبالت، آهن و سلنیوم نقش حیاتی در سیستم ایمنی، تولید مثل و متابولیسم طبیعی برای رشد دارند. این عناصر در ساختار آنزیم های کلیدی سیستم ایمنی و تولیدمثل نقش کوفاکتوری دارند. هم چنین در متابولیسم انرژی و سنتز هورمون ها نیز نقش دارند. عنصر روی اساسا برای موجودات زنده غیر سمی است، زیرا بدلیل هموستاز دقیق در بدن تجمع نمی یابد ولی ممکن است با عناصر دیگر تداخل ایجاد کند (Maham & Escott., 2008). از نظر عملکرد، روی دارای ۳ نقش زیستی مهم است؛ نقش کاتالیتیکی، ساختمانی و تنظیمی. در زمینه نقش کاتالیتیکی، روی برای عملکرد بیش از ۳۰۰ آنزیم مورد نیاز بوده و به این وسیله در کنترل بسیاری از پروسه های سلولی مثل سنتز DNA، رشد نرمال، پاسخ های رفتاری، تولید مثل و ترمیم زخم ها دخالت دارد (Mocchegiani et al, 2000). بدلیل خاصیت آنتی اکسیدانی، کمبود روی منجر به افزایش میزان پراکسیداسیون لیپیدها در غشاء میکروزمی و میتوکندری و شکنندگی اسموتیک غشاء گلبول های قرمز افزایش یابد. علاوه بر این در صورت کمبود روی تجمع پلاکتی نیز مختل شده و بسیاری از مشکلات فیزیولوژیک مانند اختلالات عصبی، ایمنی و تولیدمثلی مشاهده می گردد به صورتیکه رشد و بلوغ جنسی دچار اختلال می گردد (Maham & Escott., 2008).

**روی**

روی یکی از عناصر ضروری برای ماهی است که در اغلب اندام ها، بافت ها و مایعات بدن به عنوان تثبیت کننده غشاء و اجزای سلولی عمل می کند. علاوه بر این عنصر روی سبب ایجاد فرم و شکل طبیعی بدن و توسعه ساختار اسکلتی در آبزیان می گردد (Yamaguchi et al, 2005).

از سوی دیگر، عنصر روی در فعالیت هورمون هایی مانند انسولین، گلوکاگون، کورتیکوتروپین ها و همچنین گنادوتروپین ها، نقش اصلی را ایفا می کند (Fountoulaki

**روی یکی از عناصر ضروری برای ماهی است که در اغلب اندام ها، بافت ها و مایعات بدن به عنوان تثبیت‌کننده غشاء و اجزای سلولی عمل می‌کند.**

et al, 2011). دیگر وظایف عنصر روی، فعالیت آنتی اکسیدانی و شرکت در سیستم های دفاعی بدن می باشد (Powell, 2000). بطوریکه کاهش سطح این عنصر فلزی موجب استرس اکسیداتیو در ماهیان می گردد (Hidalgo et al, 2002). علاوه بر این نقش روی در بسیاری از فرآیندهای سلولی نظیر تکثیر سلولی، تولیدمثل، متابولیسم پروتئین و اسیدهای نوکلئیک و مقاومت در برابر رادیکال های آزاد به خوبی ثابت شده است (Fountoulaki et al, 2011؛ Tokudome et al, 2011).

همچنین روی یکی از عناصر مورد نیاز آبزیان است که در بسیاری از سیستم های آنزیمی موثر بر متابولیسم مواد غذایی، به عنوان کوفاکتور عمل می کند، به عنوان مثال فعالیت آنزیم هایی مانند آلدولازها، پپتیدازها و فسفاتازهایی که در هضم نقش دارند، وابسته به عنصر روی است. همچنین ثابت شده است عنصر روی به عنوان کوفاکتور بسیاری از آنزیم ها عمل می کند و در بسیاری از عملکردهای متابولیک داخل سلولی ضروری است، به طور کلی اعمال فیزیولوژیک وابسته به روی شامل رشد، تقسیم سلولی، بلوغ جنسی، تولید مثل و تنظیم سیستم ایمنی می باشند. عملکرد سیستم ایمنی بدن حتی در موارد کمبود متوسط روی، دچار نقص می شود (Robert et al, 2006). عنصر روی در تمامی بافت های بدن یافت می گردد و برخلاف بسیاری از عناصر کمیاب که در کبد ذخیره می شوند، تمایل به انباشته شدن در استخوان ها را دارد، همچنین عنصر روی در بسیاری از فعالیت های متابولیکی از جمله حفظ سلامت غدد تناسلی ماهیان، پوست بدن، چشم و استخوان ها دخالت دارد (Kucukbay et al, 2006).

مشخص گردیده است که عنصر روی در بسیاری از فرآیندهای شیمیایی که در بدن موجودات زنده رخ می دهد، نقش ایفا می کند. از مهم ترین این فرآیندها، تنفس سلولی است. مصرف اکسیژن سلولی، DNA و RNA، تولیدمثل، حفظ تمامی اجزای سلولی، تجزیه رادیکال های آزاد و محافظت لیپیدها در برابر پروکسیداسیون از جمله وظایف روی در بدن موجودات می باشد (Hendy et al, 2001). روی به عنوان ترکیب اصلی در ساختار بسیاری از متالوآنزیم ها مانند آلکالین فسفاتاز (ALP)، سوپراکسیداز دیسموتاز، لاکتات دهیدروژناز، کربوکسی پپتیداز و همچنین DNA و RNA پلیمرازها می باشد (Carlson et al, 2005). همچنین عنصر روی وظایف متعددی در بدن موجودات زنده ایفا می نماید و نقش مهمی را در تقسیمات سلولی جهت ساخت پروتئین و DNA، محافظت از بدن در مقابل مسمومیت با فلزات سنگین مانند سرب، فعال کردن انسولین، سوخت و ساز تخمدان و بیضه، اعمال کبدی، تکامل رفتاری، بهبود زخم ها، تنظیم حس چشایی و تطابق بینایی بر عهده دارد. همچنین در متابولیسم پروتئین، کربوهیدرات، چربی و ایجاد انرژی در بدن موجودات زنده نقش مهمی را ایفا می نماید (Carlson et al, 2004).

تحقیقات نشان داده است که هر چند عناصر فلزی مانند روی جهت سوخت و ساز طبیعی ماهی ضروری بوده و لازم است که از طریق آب یا غذا دریافت گردند، مقادیر بیش از حد این ترکیبات نیز قادر به ایجاد اثرات سمی بر آبزیان می باشند. تحقیقات نشان داده است که مقادیر بالای عنصر قادر به ایجاد سینوپتی یا کاهش یاخته های خونی می باشد (Irving et al, 2003). علاوه بر این مقادیر بالای عنصر روی در خون ممکن است موجب کاهش کارایی عنصر مس (Willis et al, 2005) و در نتیجه اختلالاتی نظیر کم خونی، لوکوپنی و نوتروپنی شود (Salzman et al, 2002). همچنین مقادیر بالای عنصر روی می تواند تاثیر بازدارندگی بر آزادسازی آهن از منابع ذخیره ای موجب کم خونی ناشی از فقر آهن گردد.

از سوی دیگر، عنصر روی در ساخت آنزیم های آنیدراز کربن و سوپر اکسید دیسموتاز گلبول های قرمز شرکت داشته و در نتیجه به عنوان یک آنتی اکسیدان قوی برای حفظ و نگهداری غشای اریتروسیت ها و جلوگیری از فعالیت

**تحقیقات نشان داده است که هر چند عناصر فلزی مانند روی جهت سوخت و ساز طبیعی ماهی ضروری بوده و لازم است که از طریق آب یا غذا دریافت گردند، مقادیر بیش از حد این ترکیبات نیز قادر به ایجاد اثرات سمی بر آبزیان می باشند.**

رادیکال های آزاد مطرح است (Tomova et al, 2009). مشخص گردیده است که وجود تری کلسیم فسفات موجود در جیره غذایی، به طور قابل توجهی بر توانایی زیستی ماهی در جذب و استفاده از روی موجود در جیره غذایی تاثیر گذار است. بنابراین با وجود مقادیر بالایی از مکمل روی در جیره غذایی، به دلیل کاهش توانایی زیستی ماهی در جذب روی، با وجود فیتات، کلسیم و فسفر جیره از دسترس ماهی خارج می گردد. از طرفی فرآیند جذب روی از روده بطور قابل توجهی به وجود کلسیم و فسفر در محیط بستگی دارد (Willis et al, 2005).

مقدار روی مورد نیاز در جیره غذایی چندین گونه از ماهیان مورد بررسی قرار گرفته و مشخص گردیده که در اکثریت ماهیان در دامنه ۱۵ تا ۸۰ میلی گرم در هر کیلوگرم جیره غذایی می باشد (Gatlin and Wilson, 1984 ؛ Gatlin et al, 1991 ؛ Eid, 1994 ؛ Lin, 2008 ؛ Buentello et al, 2009). روی موجود در جیره غذایی دارای عملکردهای متفاوتی می باشد که بسیاری از مطالعات انجام شده تا به امروز با توجه به خواص درمان بیماری ها و ارتقاء رشد بر روی حیوانات مختلف صورت گرفته است. چندین مطالعه در زمینه اثرات روی، بر رشد و اشتها در پستانداران و پرندگان صورت گرفته است و در سطح آبزیان و ماهی مطالعات محدودی انجام پذیرفته است. در برخی مطالعات، حیواناتی که در غلظت های بالایی از رژیم غذایی اکسید روی تا ۳۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم تغذیه شده اند به طور قابل توجهی رشد سریع تری از خود نشان داده اند (Smith et al, 1997). برخی مطالعات نشان می دهد محدودیت روی در جیره غذایی باعث محدود شدن رشد و کاهش مصرف خوراک می گردد (McDonald, 2005). نیاز تغذیه ای و فیزیولوژیک به عناصر ضروری از جمله روی، آهن و مس در دوره بلوغ جنسی و بعد از آن که با جهش رشد همراه است بیش از دوره بلوغ است، از این رو تامین این عناصر در رژیم غذایی از طریق غنی سازی مواد اولیه در صنایع غذایی و یا تجویز داروهای مکمل ضروری به نظر می رسد (علیرضائی، ۱۳۹۲).

Ogino & Yang, 1979)، ( Watanabe, 1999)، Shahpar و (Johari (2018 میزان نیاز روی در ماهیان قزل آلای رنگین کمان را ۱۵ تا ۳۰ میلی گرم در هر کیلوگرم غذا بیان کردند. آنها اظهار داشتند که کمبود روی (۱ میلی گرم در هر کیلو غذا) باعث توقف رشد، کاهش هضم پذیری پروتئین، کربوهیدرات و به احتمال زیاد در نهایت سبب کاهش فعالیت آنزیم کربوکسی پپتیداز می شود. (Satoh et al, 2000) بیان کردند که افزودن ۴۰ میلی گرم روی در غذا به همراه پودر ماهی در جیره باعث بهبود عملکرد رشد ماهیان قزل آلا و کپور می شود. مطالعات نشان داده اند که ماهیان کپور و قزل آلا قادرند مقدار ۱۹۰۰-۱۷۰۰ میلی گرم روی در هر کیلو غذا را بدون نشان دادن علائم سمیت ظاهری تحمل کنند. کمبود روی در جیره غذایی مولدین سبب کاهش تعداد تخم ها و همین طور کاهش قابلیت تفریخ تخم ها می شود و باعث بد شکل شدن مادر زادی استخوان ها در نوزادان می شود (Takeuchi et al, 1981). در ماهی قزل آلا کمبود روی سبب کاهش رشد، افزایش مرگ و میر، کاتاراکت چشمی، پوسیدگی باله ها و پوست (Ogino & Yang, 1979) و کوتاه شدن طول بدن می شود (Satoh et al, 1983). برخلاف حیوانات خشکی زی، ماهی ها دارای توانایی جذب مواد و عناصر ضروری از محیط آبی هستند که محل اصلی جذب عنصر روی از طریق، آبشش ها و بخش ابتدایی روده است (Pentreath et al, 1973). با این وجود، روی موجود در جیره با کارایی بالا تری جذب می شود. روی موجود در غذا از طریق روده جذب می شود (Glover et al, 2002) . بسته به مقدار و فرم شیمیایی، عنصر روی می تواند به عنوان ماده مغذی، آنتی اکسیدان و حتی به عنوان ماده سمی عمل نماید و بنابراین منابع مختلف روی دارای عملکردهای مختلفی می باشند (Lin et al, 2013). منابع روی غیر آلی یا معدنی شامل انواع نمک های شیمیایی حاوی این عنصر همچون

**وجود تری کلسیم فسفات موجود در جیره غذایی، به طور قابل توجهی بر توانایی زیستی ماهی در جذب و استفاده از روی موجود در جیره غذایی تاثیر گذار است.**

اکسید روی (ZnO)، کلرید روی ($ZnCl_2$) و سولفات روی ($ZnSO_4$) می باشد که همگی در ساخت جیره های غذایی آبزیان قابل استفاده‌اند (Reilly, 2004). منابع مختلفی از روی آلی نیز در پژوهش‌های مختلف به عنوان ماده افزودنی به جیره آبزیان مورد مطالعه قرار گرفته اند که شامل مخلوطی از آمینو اسید کیلات یا کمپلکس با روی (Zn-AA)، روی متیونین، روی لایزین، روی کلوکونات، روی استات، روی پیکولینات، روی پروپیونات و روی پروتئیناز می باشند (Magee et al, 2001؛ Apines et al, ؛ Kucukbay et al, 2006 2015 ؛ Chesters, 1997). در مطالعات مختلف نشان داده شده است که اثرات منابع آلی و معدنی روی بر عملکرد تولید متفاوت است (Zhao et al, 2014). اگرچه نتایج بیشتر این پژوهش ها نشان داده که میزان دسترسی زیستی به روی آلی بیش از روی معدنی است، اما کاربرد روی آلی در جیره حیوانات به علت بالا بودن هزینه آن محدود است. از آن جایی که قابلیت استفاده از روی غیر آلی کم است، به منظور پاسخگویی به نیاز حیوانات، غلظت افزوده شده آن ۲۰ تا ۳۰ برابر بیش از نیاز طبیعی حیوانات است (Bratz et al, 2013).

## نقش روی در شاخص های تولیدمثلی

طی روند تولید تجاری ماهی های پرورشی، تعیین کیفیت اسپرم و تخمک به منظور افزایش درصد لقاح مصنوعی، مورد توجه بوده و استفاده از گامت هایی با کیفیت مطلوب از مولدین مناسب برای به دست آوردن لاروهایی با مقاومت بالا بسیار اهمیت دارد. کیفیت هر دو گامت نر و ماده می تواند در موفقیت لقاح و بازماندگی لاروها مفید واقع گردد (Bozkurt et al, 2006). تحرک اسپرم یکی از مهم ترین فاکتورها در بررسی کیفیت اسپرم می باشد که بر موفقیت لقاح تاثیر می‌گذارد (Billard et al, 1995). مطالعات گذشته مؤید این موضوع بوده‌اند که بررسی تحرک اسپرم به ویژه درصد اسپرم های متحرک می‌تواند به عنوان یک فاکتور کلیدی جهت ارزیابی موفقیت لقاح (درصد لقاح و نرخ تخم‌گشایی) محسوب می گردد (Lahnsteiner et al, 1998 : Mansour et al, 2005). در بیشتر گونه ها طول دوره تحرک اسپرم بسیار کم (از ۳۰ ثانیه تا چند دقیقه) می باشد. تفاوت میزان طول دوره تحرک در بین گونه های مختلف بستگی به ویژگی های بیوشیمایی، فیزیولوژیکی و متابولیکی هر گونه دارد. به طوری که در سیستم های تجاری آبزی پروری، افزایش طول دوره تحرک اسپرم به وسیله اعمال تغییر در محلول های فعال کننده یکی از شیوه های اساسی در جهت بهبود میزان موفقیت لقاح می باشد (Alavi et al, 2008). کاظمی و همکاران (۱۳۹۸) طی مطالعه ای بر اثرات تغذیه با منابع مختلف مکمل روی بر تغییرات آنزیمی و یونی پلاسمای سمینال مولدین قزل آلای رنگین کمان، دریافتند که افزودن فرم معدنی مکمل روی به جیره غذایی ماهیان مولد، اثر بخشی مثبت بر کیفیت اسپرم و در نتیجه بهبود راندمان تکثیر دارد.

کمبود روی از دلایل عمده کاهش تستوسترون و آندروژن در انسان و حیوانات است که با وجود بررسی های مکرر این رابطه، هنوز مکانیسم پایه آن مشخص نشده است (Apgar, 1985). از دیگر اثرات کاهش روی می توان به تغییرات سطح اسیدهای چرب ضروری، کاهش یا افزایش سطوح سرم گنادوتروپین، اختلال در توسعه غدد جنسی، پائین بودن حجم مایع سمینال، الیگواسپرمی و ناهنجاری های بافتی در سلول های لایدیگ در موش های نر اشاره کرد.

تولید تجاری ماهیان ایجاب می کند که کیفیت مواد تناسلی در ماهیان مولد ارزیابی شود، به عبارتی، قابلیت لقاح مصنوعی در آنها افزایش یابد. در مزرعه پرورش ماهی برای تخمین موفقیت تولید مثل کنترل مولدین ضروری است. آگاهی از اثرات احتمالی منابع مختلف مکمل روی در ماهیان مهم است (Felip et al, 2009). با توجه به اینکه در اغلب ماهیان لقاح خارجی است، بنابراین ممکن است گامت‌ها تحت تاثیر قرارگرفته و عملکرد تولیدمثلی تحت الشعاع قرارگیرد. از

کمبود روی از دلایل عمده کاهش تستوسترون و آندروژن در انسان و حیوانات است که با وجود بررسی های مکرر این رابطه، هنوز مکانیسم پایه آن مشخص نشده است.

آنجا که مدت زمان تحرک اسپرم در ماهیان بسیار کوتاه است، در نتیجه لقاح باید در کوتاه ترین زمان ممکن صورت گیرد و در نتیجه فاکتورهای خارجی ممکن است بر توانایی تولیدمثلی تاثیرگذار شوند (Johari, 2014).
طی مطالعه ای (Kutluyer, 2017 و Kocabas) بر ارزیابی اثر روی بر کیفیت اسپرم در ماهی قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus Mykiss*) و ماهی آزاد (*Salmo Coruhensis*) دریافتند که محلول فعال کننده حاوی کربنات سدیم همراه با ۱ میلی مول ماده معدنی روی سبب افزایش درصد و طول دوره تحرک اسپرم، باروری و نرخ تخم گشایی می شود. Sarosiek و همکاران (۲۰۰۹) اثر یون های مختلف (روی، مس، جیوه و کادمیوم) را بر فعالیت برخی آنزیم های موجود در اسپرم ماهی کپور مورد ارزیابی قرار دادند. در این بررسی فعالیت آنزیم اسید فسفاتاز در مواجه با یون (روی) افزایش پیدا کرد، ولی یون های (مس، جیوه و کادمیوم) اثر منفی و بازدارنده بر فعالیت آنزیم مذکور داشت. فعالیت آنزیم بتا- ان- استیل گلوکوزامین فقط با یون جیوه در ارتباط بود و فعالیت آنزیم لاکتیک دهیدروژناز متاثر از فلزات سنگین نبود. نتایج نشان داد که در میان فلزات بررسی شده، جیوه قوی ترین اثر مهارکنندگی را بر فعالیت آنزیم ها دارد.
افزایش مقدار گونه های فعال اکسیژن (ROS) در مایع سمینال سبب کاهش تعداد اسپرم، تغییر در حرکت و ریخت‌شناسی اسپرم می گردد (Padron و همکاران، ۱۹۹۷). ROS ها اصولا توسط سوخت‌وساز طبیعی اکسیژن سلول ها تولید شده و محل اصلی تولید آن ها کمپلکس I و III زنجیره انتقال الکترون در میتوکندری است (Sugioka و همکاران، ۱۹۸۸). شایع ترین آنها که اثرات بالقوه در زیست‌شناسی تولیدمثل دارند عبارتند از: آنیون سوپراکسید، پراکسید هیدروژن، رادیکال های پراکسید، رادیکال های آزاد نیتریک اکسید و آنیون پراکسی نیتریت (Sikka, 1996). ROS ها می توانند اثرات مضر و مفیدی بر عملکرد اسپرم داشته باشند. مقدار کمی ROS توسط اسپرم ها در شرایط فیزیولوژیک ایجاد می شود که برای ظرفیت یابی و واکنش آکروزومی اسپرم مورد نیاز است. از طرفی دیگر ROS تولید شده توسط اسپرم ها و گلبول های سفید می تواند از طریق واکنش با ماکروملکول های سلولی، موجب آسیب سلولی اسپرم گردد و مشخص شده که مقادیر بالای آن، رابطه منفی با حرکت و تعداد اسپرم دارد (Agarwal و همکاران، ۲۰۰۶). عنصر روی با خاصیت آنتی اکسیدانی برای حفظ هموستاز اکسیداتیو و مقابله با استرس اکسیداتیو عمل می کند. عنصر روی در پلاسمای مایع سمینال، غشا و کروماتین اسپرم را پایدار ساخته و از تجزیه آن ها جلوگیری می نماید (Chvapil, 1999). به نظر می رسد این عنصر به عنوان یک پاکساز کننده بالقوه آنیون های سوپراکسید تولید شده توسط اسپرم ها و گلبول های سفید عمل می کند، لذا تصور می شود پلاسمای مایع سمینال، به علت مقادیر بالای روی، در مواجه با مقادیر زیاد آنیون سوپراکسید، فعالیت شبه آنتی اکسیدانی را انجام دهد (Plante و همکاران، ۱۹۹۴).

**توصیه ترویجی:**

به منظور اطمینان از تولید بچه ماهیان با کیفیت، کیفیت اسپرم و تخمک حاصل از مولدین پرورشی، از اهمیت ویژه ای برخوردار است. مراکز تکثیر و پرورش تجاری اغلب از لحاظ دسترسی به اسپرم و تخمک با کیفیت و کمیت مناسب دچار مشکل هستند و در طی لقاح مصنوعی (که معمولا در آبزیان کاربرد دارد) میزان موفقیت لقاح همیشه رضایت بخش نمی‌باشد. افزودن عناصر ریزمغذی از جمله روی به جیره غذایی گونه های مختلف آبزیان در بسیاری از عملکردهای آبزیان از جمله رشد، تولید مثل و سوخت و ساز بسیار تأثیرگذار می باشد. این اثرات می تواند شامل تغییرات گسترده بر میزان لقاح و بازماندگی و رشد نتاج حاصل باشد. ریزمغذی های جیره غذایی مثل سولفات روی یا فرم معدنی باید در کارخانه های خوراک آبزیان و طی مراحل استاندارد (شامل مخلوط کردن، پخت غذا

**افزودن عناصر ریزمغذی از جمله روی به جیره غذایی گونه های مختلف آبزیان در بسیاری از عملکردهای آبزیان از جمله رشد، تولید مثل و سوخت و ساز بسیار تأثیرگذار می باشد.**

و خشک کردن) افزوده و مورد استفاده قرار گیرد. مقادیر مورد استفاده روی در جیره مولدین ماهیان به نوع گونه آبزی بستگی دارد، به عنوان مثال در ماهی مولد نر قزل آلای رنگین کمان مقدار ۴۰ میلی گرم فرم معدنی روی در یک کیلوگرم خوراک اثرات مثبتی بر کمیت و کیفیت اسپرم و نهایتا افزایش درصد لقاح و بازماندگی نتاج به دنبال خواهد داشت.

**فهرست منابع**


۱. افشار مازنداران، ن. ۱۳۸۹. راهنمای عملی تغذیه و نهاده های غذایی و دارویی آبزیان در ایران. انتشارات نوربخش، ۲۱۶ ص.

۲. 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 قزل آلای رنگین کمان (Oncorhynchus mykiss)، مجله اقیانوس شناسی، سال سوم شماره ۹، صص ۴۶-۴۱.

3. Alavi, S.M.H., Linhart, O., Coward, K. and Rodina, M. 2008. Fish spermatology: implication for aquaculture management. In: Alavi, S.M.H., Cosson, J., Coward, K. and Rafiee, R (eds). Fish spermatology, Oxford, Alpha Science Internationally Ltd, 39761.

4. Bedwal RS, Bahuguna A. 1994. Zinc, copper and selenium in reproduction. Experientia. 50: 626-640.

5. Billard, R., Cosson, J., Perchec, G. and Linhart, O. 1995. Biology of sperm and artificial reproduction in carp. Aquaculture. 129: 95- 112.

6. Bratz, K., Gölz, G., Riedel, C., Janczyk, P., Nöckler, K., 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), 11941202-. DOI: 10.1111/jam.12307.

7. Buentello, J.A., Goff, J.B. and Gatlin, D.M. III 2009. Dietary zinc requirement of hybrid striped bass, Morone chrysops, Morone saxatilis, and bioavailability of two chemically different zinc compounds. Journal of World Aquaculture Society. 40: 687–694.

8. Carlson, D., Poulsen, H.D., and Vestergaard, M. 2004. Additional dietary zinc for weaning piglets is associated with elevated concentrations of serum IGF-1. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. 88:332–9.

9. Colagar AH, Marzony ET, Chaichi MJ. 2009. Zinc levels in seminal plasma are associated with sperm quality in fertile and infertile men. Nutr Res. 29: 82- 88.

10. Dissanayake D, Wijesinghe P, Ratnasooriya W, Wimalasena S. 2010. Relationship between seminal plasma zinc and semen quality in a subfertile population. J Hum Reprod Sci. 3: 124- 128.

11. Gavella M, Lipovac V. 1998. In vitro effect of zinc on oxidative changes in human semen. Andrologia. 30: 317- 323.

12. Glover C. N., Hogstrand C. 2002. In vivio characterization of intestinal zinc uptake in freshwater rainbow trout. Journal of Experimental Biology 205,141- 150.

13. Hendy, H.A., Yousef, M.I., and Naga, N.I. 2001. Effect of dietary zinc deficiency on hematological


**در ماهی مولد نر قزل آلای رنگین کمان مقدار ۴۰ میلی گرم فرم معدنی روی در یک کیلوگرم خوراک اثرات مثبتی بر کمیت و کیفیت اسپرم و نهایتا افزایش درصد لقاح و بازماندگی نتاج به دنبال خواهد داشت.**

and biochemical parameters and concentrations of zinc, copper, and iron in growing rats. Toxicology. 167:163–170.
14. Hidalgo, M.C., Sito, A., Palma, J., and Higuera, M. 2002. Oxidative stress generated by dietary Zn-deficiency: studies in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). International Journal of Biochemistry Cell and Biology. 34: 83- 193.
15. Lin, S., Lin, X., Yang, Y., Li, F., Luo, L 2013. Comparison of chelated zinc and zinc sulfate as zinc sources for growth and immune response of shrimp (Litopenaeus vannamei). Aquaculture. 7984-. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2013.04.026.
16. Lin, Y. 2008. Dietary Zinc Requirements of Juvenile Hybrid Tilapia, Oreochromis niloticus ×O. aureus. J. Fish. Soc. Taiwan, 35: 117–125.
17. Satoh, S., Takeuchi, T., and Watanabe, T., 2000. Availability to Rainbow Trout of Zinc in White Fish Meal and of Various Zinc Compounds.
18. Tokudome, Y., Ito, A., and Otsuka, M. 2011. Effect of Zinc-Containing β-Tricalcium Phosphate Nano Particles Injection on Jawbone Mineral Density and Mechanical Strength of Osteoporosis Model Rats. Journal of Pharmacology Science Japan. 34(8): 1215- 1218.
19. Trushenski, J., Kasper, C., Kohler, C. 2006. Challenges and opportunities in finfish nutrition. North American Journal of Aquaculture. 68(2), 122- 140.
20. Watanabe, T., Kiron, V., and Satoh, S. 1997. Trace minerals in fish nutrition. Aquaculture 151, 185-207.
21. Willis, M.S., Monaghan, S.A., Miller, M.L., McKenna, R.W., Perkins, W.D., Levinson, B.S., and Bhushan, V. 2005. Zinc from organic or inorganic source improves performance and antioxidant status of heat distressed culture. Biochemical Pharmacology. 36: 4007- 4012.
22. Yamamoto, T., Unuma, T., and Akiyama, T. 2000. The influence of dietary protein and fat levels on tissue free amino acids levels of fingerling rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). Aquaculture. 182: 353- 372.
23. Zhao, C.Y, Tan, S.X, Xiao, X.Y., Qiu, X.S., Pan, J.Q., 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.