نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی
Journal homepage: http://jair.gonbad.ac.ir
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه گنبد کاووس

تأثیر سطوح مختلف نانوذرات اکسید منیزیم بر رشد، فعالیت آنزیم‌های گوارشی و فاکتورهای ایمنی ماهی کپورمعمولی *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 در مواجهه با سم گلایفوزیت (Glyphosate)

شیرین افسردیر[1]، حدیثه کشیری[1]، حسین آدینه*[2]، سهراب بوذرپور[3]، سیدعلی‌اکبر هدایتی[1]

[1] گروه تولید و بهره‌برداری آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

[2] گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران

[3] گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران

نوع مقاله:
پژوهشی اصیل

تاریخچه مقاله:

دریافت: ۹۸/۱۰/۰۶
پذیرش: ۹۸/۱۱/۱۰

نویسنده مسئول مکاتبه:
حسین آدینه، گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران

ایمیل: adineh.h@gonbad.ac.ir

چکیده

هدف از این مطالعه بررسی تأثیر دوزهای مختلف نانوذرات اکسید منیزیم (نانو منیزیم) بر عملکرد رشد و تغذیه، آنزیم‌های گوارشی، برخی پارامترهای ایمنی غیر اختصاصی در کپور معمولی انگشت‌قد (*C. carpio*) بود. نانومنیزیم به‌میزان ۰ (شاهد) ، ۲۵ ، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم جیره پایه اضافه شد. چهار گروه از ماهیان با میانگین وزن ۰/۴۱± ۱۲/۹ گرم به‌مدت ۶۰ روز با تراکم ... در آکواریوم با حجم آبگیری ... با جیره‌های آزمایشی تغذیه شدند. در انتهای دوره تیمار، نتایج نشان داد که ماهیان تغذیه شده با ۲۵ میلی‌گرم نانومنیزیم بر کیلوگرم غذا افزایش معنی‌داری در وزن نهایی و افزایش وزن، میانگین رشد روزانه و نرخ رشد ویژه داشتند. ضریب تبدیل غذایی در ماهیان تغذیه شده با ۲۵ میلی‌گرم نانومنیزیم در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. فعالیت آنزیم گوارشی (آمیلاز، لیپاز و پروتئاز) روده به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر سطوح نانوذرات اکسید منیزیم رژیم غذایی قرار گرفتند. پایان دوره آزمایش، ماهیان به‌مدت ۱۴ روز تحت استرس مزمن علف‌کش گلایفوزیت قرار گرفتند. قبل و بعد از استرس، بیشترین فعالیت لیزوزیم و کمترین میزان هورمون کورتیزول در رژیم ۲۵ میلی‌گرم نانومنیزیم در کیلوگرم غذا به‌دست آمد. آنزیم‌های کبدی (قبل و بعد از استرس) به‌طور معنی‌داری در تیمار شاهد در مقایسه با دیگر تیمارهای آزمایشی افزایش یافت. براساس نتایج مطالعه حاضر، افزودن ۲۵ میلی‌گرم نانواکسید منیزیم در کیلوگرم غذا باعث بهبود رشد، ترشح آنزیم گوارشی و ایمنی غیراختصاصی ماهی کپور معمولی و خنثی نمودن اثرات نامطلوب سم گلایفوزیت می‌شود.

واژه‌های کلیدی:
***C. carpio*، نانوذرات اکسید منیزیم، عملکرد ماهی، گلایفوزیت، فاکتورهای خونی**

۱ | مقدمه

در سراسر جهان آب‌های شیرین رودخانه‌ها به‌دلیل عبور از مناطق کشاورزی دچار آلودگی با آفت‌کش‌ها می‌شوند (Bereswill *et al.*, 2013). یکی‌از سموم رایج و پر مصرف کشاورزی که به‌صورت غیر انتخابی و سیستمیک برای کنترل علف‌های هرز در مزارع کشاورزی، فضاهای سبز و حاشیه‌های استخرها و اکوسیستم‌های آبی استفاده می‌شود، سم گلایفوزیت (Glyphosate) با نام تجاری رانداپ (Roundup) است. این سم دارای حلالیت بسیار بالایی در اکوسیستم آبی دارد (Do Carmo Langiano and Martinez, 2008) که در صورت مصرف بیش‌از حد می‌تواند برای حیات وحش و آبزیان خطرناک باشد.

ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) متعلق به خانواده کپور ماهیان (Cyprinidae) به‌عنوان یکی از گونه‌های مهم پرورشی تقریباً در همه جای جهان پرورش داده می‌شود (Tokur *et al.*, 2006). این گونه در حوضه‌های دریای خزر و تمام حوضه‌های آبریز ایران پراکنش دارد و به‌دلیل مقاومت زیاد در مقابل نوسانات محیطی و استفاده از محدوده وسیعی از مواد غذایی قابل‌دسترس (Salehi, 2003)، همچنین رشد مطلوب و مناسب باعث شده تا به‌عنوان یکی از گونه‌های مهم اقتصادی گرمابی در کشور محسوب شود. از آنجائیکه ورود سموم کشاورزی همچون سم گلایفوزیت به مزارع پرورش باعث تخریب

© ۱۳۹۹ | دانشگاه گنبدکاووس

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]
[DOI: 10.22034/jair.8.3.73]

اندام‌های بدن (Szarek *et al.*, 2000)، تغییر فاکتورهای بیوشیمیایی و آنزیمی خون ماهی (Jofré *et al.*, 2013)، تضعیف سیستم ایمنی و جهش‌های ژنتیکی (Williams *et al.*, 2000) می‌گردد بنابراین استفاده از افزودنی‌های غذایی همچون منیزیم در راستای مقاوم‌سازی آبزیان یکی از راه‌های قابل قبول می‌باشد.

عنصر منیزیم چهارمین کاتیون فراوان در موجودات زنده و دومین کاتیون مهم داخل سلولی محسوب می‌شود که برای فعالیت بیش از ۳۰۰ آنزیم حیاتی کاربرد دارد و وجود آنها برای واکنش‌های آنزیمی و متابولیک بدن ضروری است (de Lourdes Lima *et al.*, 1998; Slutsky *et al.*, 2010). این واکنش‌های آنزیمی در ساخت پروتئین‌ها، عملکرد سیستم عصبی مانند نقل و انتقال یون‌های پتاسیم و کلسیم به داخل و خارج سلول جهت هدایت پیام عصبی، انقباض عضلانی و همچنین تولید انرژی و تنفس سلولی کاربرد دارد (Kucuk *et al.*, 2008). ترکیبات مختلف منیزیم شامل سیترات منیزیم، کلرید منیزیم، گلوکونات منیزیم است که به‌دلیل نفوذپذیری بسیار کم این ترکیبات (Slutsky *et al.*, 2010) باعث شده تا استفاده از نانوذرات اهمیت پیدا کند.

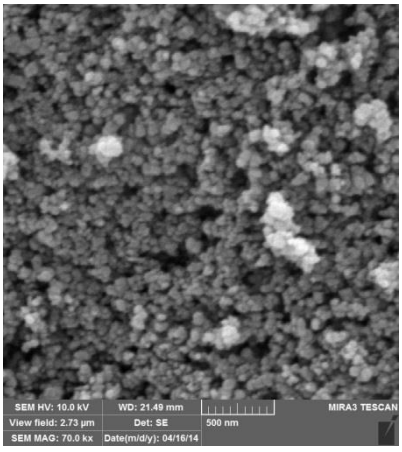
از جمله نانوذرات پرمصرف می‌توان به نانو ذره اکسید منیزیم اشاره کرد که به‌عنوان ضد قارچ، ضد میکروب و حذف‌کننده بیولوژیکی آنتی-بیوتیک در صنایع غذایی و علوم پزشکی و علوم زیستی مورد استفاده قرار می‌گیرد، علاوه بر این نانوذرات اکسید منیزیم قابلیت جذب آلاینده‌های بسیاری را دارند (Vaidhyanathan *et al.*, 2000) که استفاده از آن از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۸ در حدود ۸/۷ درصد افزایش یافته است (Devaraja *et al.*, 2014). قابلیت دسترسی آسان، قیمت پایین، غیرسمی، پایداری و زیست‌سازگار، قابلیت استفاده مجدد، ظرفیت جذب و واکنش‌پذیری بالا از خصوصیات بارز نانوذرات اکسید منیزیم می‌باشد (Tajbakhsh *et al.*, 2014).

نانوذره اکسید منیزیم به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اکسیدهای معدنی در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. هدف از این مطالعه بررسی عملکرد تولید و ترشحات آنزیم‌های گوارشی ماهی کپور معمولی تغذیه شده با سطوح مختلف نانو ذرات منیزیم و میزان تغییرات فاکتورهای خونی در مواجهه با سم علف‌کش گلایفوزیت بود.

۲ | مواد و روش‌ها

ماهی کپور معمولی از شرکت آبزی رشد نوازنده واقع در شهرستان ساری تهیه و به آزمایشگاه شیلات دانشگاه گنبدکاووس انتقال داده شد. ماهیان برای ۲ هفته دوره آداپتاسیون در مخزن فایبرگلاس مستطیل با حجم آبگیری ۳۰۰ لیتر نگهداری شدند. براساس طرح آزمایش تعداد ۱۲ عدد آکواریوم شستشو و ضدعفونی و به‌طور کاملاً تصادفی شماره-گذاری شد. هر آکواریوم به‌میزان ۴۰ لیتر آبگیری و تعداد ۱۵ قطعه ماهی با میانگین وزن ۰/۴۱± ۱۲/۹ گرم و طول ۰/۰۹± ۹/۴ سانتی‌متر ذخیره‌سازی شد. میانگین دما، اکسیژن محلول و پی‌اچ آب محیط پرورش به‌ترتیب ۰/۴۳± ۲۳/۶ درجه سانتی‌گراد، ۰/۴±۶/۸ میلی‌گرم در لیتر و ۰/۳±۷/۸ بود.

نانوذرات اکسید منیزیم (Nano-MgO) با اندازه ۲۰ نانومتر از شرکت پیشگامان نانو مواد ایرانیان تهیه شد. غذای پایه با مقادیر پروتئین (۳۸ -۳۵)، چربی (۸ -۴)، فیبر (۷ -۴)، خاکستر (۱۱ -۷)، رطوبت (۱۱ -۵)، فسفر (۱/۵- ۱) برحسب درصد تهیه و مقادیر ۰ (شاهد)، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم نانو ذره منیزیم در کیلوگرم غذا اضافه گردید. پودر غذایی با آب مقطر مخلوط و خمیر تهیه شد. غذای خمیری به‌صورت رشته و در دمای اتاق خشک گردید. غذا متناسب با سایز دهان ماهی به اندازه حدود ۳ میلی‌متر خرد گردید و برای استفاده در طول دوره آزمایش به‌طور مجزا در داخل پلاستیک‌های زیبدار دارای کد قرار داده و سپس در دمای ۴ درجه‌سانتی‌گراد یخچال نگهداری شد. ماهیان به‌مدت ۶۰ روز با سطوح مختلف نانوذره منیزیم به‌میزان ۳ درصد وزن بدن روزانه با ۳ وعده در ساعات ۸، ۱۴ و ۲۰ تغذیه شدند.



شکل ۱- تصویر میکروسکوپ الکترونی (SEM) نانو ذره اکسید منیزیم مورد استفاده در مطالعه حاضر (ارائه شده توسط شرکت پیشگامان نانو مواد ایرانیان)

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.22034/jair.8.3.73]

برای زیست‌سنجی، غذادهی ماهیان به‌مدت ۲۴ ساعت قطع گردید. وزن کل توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ گرم و طول کل به‌وسیله خط‌کش مدرج با دقت ۱ میلی‌متر محاسبه گردید. معیارهای رشد و تغذیه شامل؛ افزایش وزن (رابطه ۱)، نرخ رشدویژه (رابطه ۲)، فاکتور وضعیت یا ضریب‌چاقی (رابطه ۳)، ضریب‌تبدیل غذایی (رابطه ۴)، کارآیی تبدیل غذا (رابطه ۵) و نسبت کارآیی پروتئین (رابطه ۶) بر اساس فرمول‌های ذیل محاسبه شد:

۱) افزایش وزن $BW= wt2 – wt1$

Wt_1: وزن اولیه (گرم) ؛ Wt_2: وزن نهایی ماهی (گرم)

۲) نرخ رشدویژه وزن $SGR, (\% day^{-1})= [LnWt_2– LnWt_1 / t_2–t_1] \times 100$

$LnWt_2$: لگاریتم طبیعی وزن نهایی ماهی (گرم)؛ $LnWt_1$: لگاریتم طبیعی وزن اولیه ماهی (گرم)؛ $t_2–t_1$: دوره آزمایش (روز)

۳) فاکتور وضعیت یا ضریب‌چاقی $CF = [W (g) / L^3(cm)]\times100$

$W(g)$: وزن نهایی ماهی (گرم)؛ $L^3(cm)$: توان سوم طول کل ماهی (سانتی‌متر)

۴) ضریب‌تبدیل غذایی $FCR= food\ intake(g)/living\ weight\ gain(g)$

Living weight gain؛ غذای خورده شده (گرم)؛ Food intake وزن به‌دست آمده (گرم)

۵) کارآیی تبدیل غذا $FCE =[Living\ weight\ gain(g)/food\ intake(g)\times100$

وزن به‌دست آمده (گرم): Living weight gain؛ غذای خورده شده (گرم): Food intake

۶) نسبت کارآیی پروتئین $PER= (W_1-W_2)\ g/g\ protein\ intake$

Wt_1 : وزن اولیه (گرم)؛ Wt_2: وزن نهایی ماهی (گرم)؛ protein intake: پروتئین خورده شده (گرم).

پایان دوره آزمایش و بعد از بیومتری و به‌طور تصادفی ماهی از هر تکرار صید گردید. محوطه شکمی ماهی با الکل ضدعفونی سپس کل روده از بدن جدا و توسط سرم فیزیولوژی شست‌وشو داده شد. نمونه‌ها با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم و سپس به نسبت وزنی- حجمی (۱ به ۹) محلول بافر هموژنز شد (Cahu *et al.*, 1999). جهت تهیه عصاره آنزیمی ابتدا بافر ساخته شد که بدین منظور ۱۰۰ میلی‌مولار Tris-Hcl، ۰/۱ میلی‌مولار EDTA، ۰/۱ درصد Triton در پی‌اچ ۷/۸ با هموژن شدند (Rungruangsak *et al.*, 2002). نمونه‌ها در دستگاه سانتریفیوژ یخچال‌دار با دمای ۴ درجه‌سانتی‌گراد قرار داده شد که در نهایت مایع رویی به‌دست آمده به‌عنوان عصاره آنزیمی برای سنجش جدا گردید. فعالیت آنزیم آمیلاز به‌روش دستی با استفاده از کیت‌های آزمایشگاهی و فعالیت آنزیم لیپاز به‌روش آنزیمی، کالری‌متری با استفاده از کیت‌های آزمایشگاهی شرکت پارس آزمون و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر انجام شد. طبق دستورالعمل شرکت سازنده، آمیلاز و پروتئاز براساس روش ورتینگتون (Worthington, 1993) و لیپاز براساس روش لیجیما و همکاران (Iijima *et al.*, 1998) اندازه‌گیری شد.

پایان دوره آزمایش برای سنجش برخی از فاکتورهای ایمنی ماهی کپور تغذیه شده با سطوح مختلف نانوذره منیزیم، از ورید ساقه دمی عمل خون‌گیری انجام شد. برای جداسازی سرم، لوله های سرولوژی فاقد ماده ضد انعقاد به‌مدت یک ساعت در یخچال با دمای ۴ درجه نگهداری و پس از ته‌نشین شدن لخته، با سرعت ۳۰۰۰ دور در ثانیه به مدت ۷ دقیقه درون سانتریفیوژ یخچال‌دار جهت جداسازی سرم خون قرار گرفت. در نهایت سرم از لخته جدا و به تیوب‌های جدید منتقل و تا زمان شروع آزمایشات مربوط به بررسی پارامترهای بیوشیمیایی سرم خون در دمای ۸۰– درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

گلوکز سرم خون با استفاده از کیت تشخیصی شرکت پارس آزمون اندازه‌گیری شد (Borges *et al.*, 2004). برای تعیین میزان فعالیت لیزوزیم سرم از روش ارائه‌شده توسط الیس (ELLIS, 1990) استفاده شد. بدین منظور از لیزوزیم سفیده تخم‌مرغ ($1\ mg/\ Lysozyme.mL^{-1}$) به‌منظور ترسیم منحنی به‌عنوان استاندارد استفاده شد. مقدار ۲۵ میکرولیتر از پلاسما به پلیت‌های ۹۶ خانه‌ای شکل الایزا افزوده شد. سپس مقدار ۱۷۵ میکرولیتر از سوسپانسیون باکتریایی میکروکوکوس لیزودیکتیکوس (*Micrococcus Lysodeikticus*) در غلظت ۰/۰۲ میلی‌گرم در لیتر در ۰/۵ مولار بافر فسفات با پی‌اچ ۶/۲ اضافه شد. با استفاده از دستگاه الایزاریدر مارک Bio-Tek آمریکا جذب نوری اولیه در طول‌موج ۵۳۰ nm قرائت و پس از یک‌ساعت نگهداری در دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد اتاق، مجدداً جذب نوری اندازه‌گیری شد. هر واحد از فعالیت لیزوزیم براساس کاهش جذب (۰/۰۰۱ در دقیقه) تعیین شد. برای سنجش آنزیم‌های کبدی در سرم خون ماهی کپورمعمولی از کیت تشخیص کمی شرکت پارس آزمون با روش فتومتریک براساس روش پیشنهادی DGKC (استاندارد انجمن بیوشیمی آلمان) برای آنزیم آلکالین فسفاتاز (ALP)، روش پیشنهادی IFCC (فدراسیون بین المللی شیمی بالینی و طب آزمایشگاهی) برای آنزیم آلانین آمینو-ترانسفراز (ALT) و آنزیم آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) انجام شد (Moss *et al.*, 1999).

برای به‌دست آوردن غلظت مؤثر سم گلایفوزیت توسط برنامه پروبیت، ماهی کپورمعمولی در برابر مقادیر ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵، ۱/۵ و ۲ میلی‌گرم در لیتر به‌مدت ۹۶ ساعت قرار گرفت. غلظت نیمه‌کشنده در زمان ۹۶ ساعت به‌میزان ۰/۴۸۹ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد. ماهی-های بعد از ۶۰ روز تغذیه با سطوح مختلف نانوذره منیزیم برای سنجش مقاومت به‌مدت ۱۴ روز تحت استرس مزمن سم گلایفوزیت قرار گرفتند، بدین‌منظور ۲۰٪ غلظت میانه کشنده سم گلایفوزیت طی ۹۶ ساعت (20%LC50 96 h) که برابر ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر بود نیز به هر تکرار اضافه شد. تعویض آب هر یک روز در میان به‌میزان ۵۰ درصد از هر آکواریوم انجام شد. برای جبران ۵۰ درصد آب خروجی از هر آکواریوم، ۲۰ لیتر آب حاوی سم گلایفوزیت به‌مقدار ۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر آماده و به هر یک از آکواریوم‌ها به‌طور مجزا اضافه شد.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.22034/jair.8.3.73]

آنالیز داده‌های حاصل از فاکتورهای رشد و آنزیم‌های گوارشی ماهی کپور بعد از ۶۰ روز تغذیه با نانوذره منیزیم با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه (One-Way ANOVA) و آنالیز داده‌های بدست آمده از آنزیم‌های کبدی تحت تاثیر دو عامل (دوز مکمل و زمان استرس) با استفاده از آنالیز واریانس دوطرفه (Two-Way ANOVA) انجام شد. آزمون مقایسه میانگین تیمارها به وسیله آزمون دامنه دانکن صورت گرفت. کلیه آنالیزهای آماری در سطح معنی‌دار $p< ۰/۰۵$ انجام شد و میانگین داده ها به همراه خطای معیار (mean ± SD) آورده شده است. کلیه آنالیزها با استفاده از نرم‌افزار SPSS-16 و رسم نمودارها در نرم‌افزار Excel-2010 انجام شد.

۳ | نتایج

مقادیر به‌دست آمده از رشد و تغذیه ماهی کپور تغذیه‌شده با سطوح مختلف نانوذره منیزیم به‌مدت ۶۰ روز در جدول ۱ آورده شده است. پایان دوره تحقیق، ماهی از وزن اولیه ۰/۳۸± ۱۳/۰۰ گرم به وزن نهایی ۱/۸۷± ۳۳/۷ گرم در تیمار ۲۵ رسید که تفاوت معنی‌داری افزایشی نسبت به تیمار شاهد داشت ($p<۰/۰۵$). وزن اولیه و نهایی بین تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری نداشت ($p>۰/۰۵$). وزن به‌دست آمده و میانگین رشد روزانه بین تیمار ۲۵ و تیمار شاهد تفاوت معنی-داری داشت ($p<۰/۰۵$). نرخ رشدویژه بین تیمار ۲۵ و شاهد تفاوت معنی‌دار داشت ($p<۰/۰۵$) به‌طوری‌که بیشترین و کمترین مقدار آن به‌ترتیب برابر ۰/۱۰± ۱/۵ و ۰/۱۳± ۱/۳ بود. ضریب‌تبدیل غذایی بین تیمارهای مصرف‌کننده سطوح مختلف نانوذره منیزیم اختلاف آماری معنی‌داری داشت ($p<۰/۰۵$) به‌طوری‌که کمترین مقدار آن در تیمار ۲۵ (۰/۱۷± ۱/۸) و بیشترین مقدار این معیار در تیمار شاهد (۰/۲۹± ۲/۴) به‌دست آمد. کاهش ضریب‌تبدیل غذایی در تیمار ۲۵ نشان از افزایش کارآیی تبدیل غذایی در این تیمار است. در این تحقیق کارآیی تبدیل غذایی تفاوت آماری معنی‌داری بین تیمار ۲۵ و شاهد داشت ($p<۰/۰۵$).

جدول ۱- رشد و تغذیه ماهی کپور معمولی تغذیه شده با سطوح مختلف نانوذرات منیزیم به‌مدت ۶۰ روز

	۰ (شاهد)	۲۵	۵۰	۱۰۰
وزن اولیه (گرم)	۱۲/۹±۰/۵۰	۱۳/۰±۰/۳۸	۱۳/۱±۰/۳۶	۱۲/۸±۰/۴۱
طول اولیه (سانتیمتر)	۹/۵±۰/۰۸	۹/۴±۰/۱۰	۹/۵±۰/۱۰	۹/۳±۰/۰۹
وزن نهایی (گرم)	۲۹/۰±۱/۵۸ c	۳۳/۷±۱/۸۷ a	۳۱/۷±۱/۹۱ b	۳۲/۱±۱/۵۱ b
طول نهایی (سانتی‌متر)	۱۱/۵±۰/۱۸	۱۱/۹±۰/۲۲	۱۱/۸±۰/۱۹	۱۱/۹±۰/۲۰
وزن به‌دست آمده (گرم)	۱۶/۱±۱/۸۳ c	۲۰/۷±۱/۸۸ a	۱۸/۶±۲/۱۰ b	۱۹/۳±۱/۶۴ b
میانگین رشد روزانه (درصد)	۲/۰±۰/۲۹ c	۲/۶±۰/۲۵ a	۲/۳±۰/۳۱ b	۲/۵±۰/۲۶ ab
نرخ رشدویژه	۱/۳±۰/۱۳ c	۱/۵±۰/۱۰ a	۱/۴±۰/۱۲ b	۱/۵±۰/۱۰ ab
ضریب چاقی	۱/۸±۰/۱۹	۱/۹±۰/۲۱	۱/۹±۰/۱۹	۱/۸±۰/۱۸
ضریب تبدیل غذایی	۲/۴±۰/۲۹ a	۱/۸±۰/۱۷ c	۲/۱±۰/۲۳ b	۲/۰±۰/۱۶ bc
کارآیی تبدیل غذا	۴۱/۴±۴/۷۱ c	۵۳/۲±۴/۸۲ a	۴۷/۶±۵/۳۸ b	۴۹/۵±۴/۲۱ b
کارآیی تبدیل پروتئین	۰/۴۶±۰/۰۵ b	۰/۵۹±۰/۰۵ ab	۰/۵۳±۰/۰۶ a	۰/۵۵±۰/۰۴ ab

* در هر ردیف عدم تشابه حروف لاتین نشان از اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشد ($p<۰/۰۵$).

مقادیر به‌دست آمده از فاکتورهای آنزیمی روده همچون پروتئاز، لیپاز و آمیلاز در جدول ۲ نشان داده شده است. مقدار آنزیم پروتئاز در تیمار ۲۵ به‌طور معنی‌دار نسبت به دیگر تیمارهای آزمایشی افزایش داشت ($p<۰/۰۵$). بیشترین مقدار آنزیم پروتئاز در تیمار ۲۵ برابر ۰/۲۴± ۹/۵ واحد میلی‌گرم پروتئین و کمترین مقدار این آنزیم در تیمار شاهد برابر ۰/۴۳± ۷/۴ واحد میلی‌گرم پروتئین به‌دست آمد. بیشترین مقدار لیپاز در تیمارهای ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم نانوذره منیزیم و کمترین مقدار این آنزیم در تیمار شاهد بدون افزودن نانوذره منیزیم به‌دست آمد. آنزیم آمیلاز در تیمار شاهد با دیگر تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌دار آماری داشت ($p<۰/۰۵$) به‌طوری‌که بیشترین و کمترین مقدار این آنزیم به‌ترتیب در تیمارهای ۲۵ (۰/۱۵± ۶/۱ واحد میلی‌گرم پروتئین) و شاهد (۰/۲± ۴/۲ واحد میلی‌گرم پروتئین) به‌دست آمد.

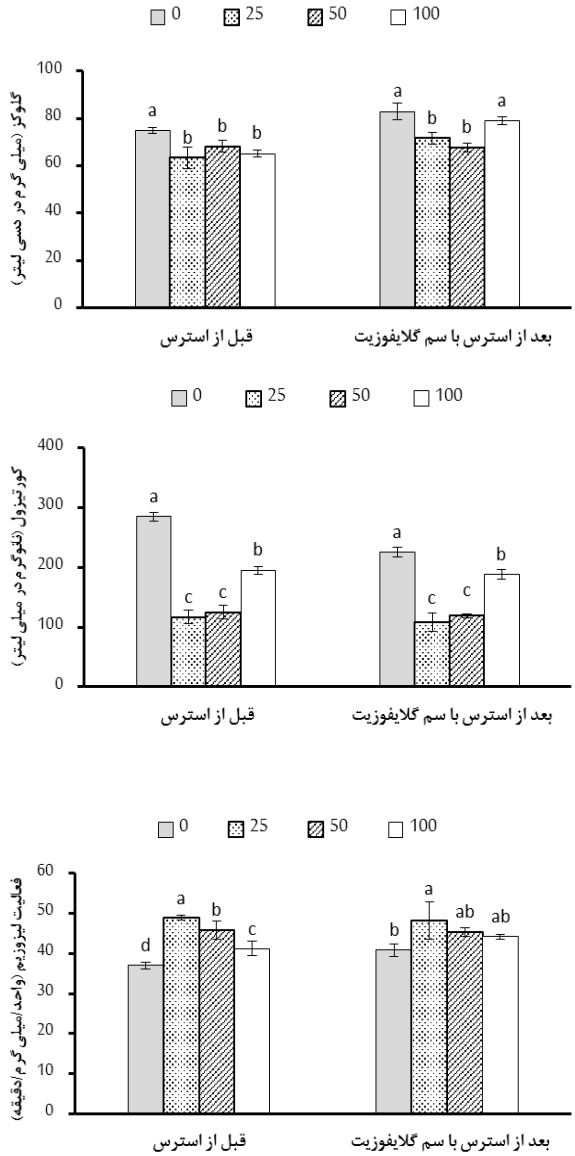
جدول ۲: مقادیر آنزیم‌های گوارشی ماهی کپور معمولی تحت تغذیه با سطوح مختلف نانوذره منیزیم به‌مدت ۶۰ روز آزمایش

	۰ (شاهد)	۲۵	۵۰	۱۰۰
پروتئاز (واحد میلی‌گرم پروتئین)	۷/۴±۰/۴۳c	۹/۵±۰/۲۴a	۸/۳±۰/۴۴b	۸/۱±۰/۲۳bc
لیپاز (واحد میلی‌گرم پروتئین)	۰/۶۲±۰/۰۲c	۰/۹۲±۰/۰۵a	۰/۸۹±۰/۰۴a	۰/۷۵±۰/۰۲b
آمیلاز (واحد میلی‌گرم پروتئین)	۴/۲±۰/۲c	۶/۱±۰/۱۵a	۵/۷±۰/۳۲ab	۵/۳±۰/۳۳b

* حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان از اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی است ($p<۰/۰۵$).

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.22034/jair.8.3.73]



شکل ۲- تغییرات برخی فاکتورهای خونی ماهی کپور تغذیه شده با نانوذرات منیزیم (قبل و بعد از استرس با سم گلایفوزیت)

در شکل ۲ ارزیابی میزان مقاومت ماهی کپور تغذیه شده با سطوح مختلف نانو ذرات منیزیم (قبل از استرس) و مواجهه آن در برابر ۲۰ درصد از مقدار نیمه‌کشنده سم گلایفوزیت به‌مدت ۱۴ روز (بعد از استرس) نشان داده شده است. قبل و بعد از استرس میزان گلوکز در تیمار شاهد افزایش معنی‌دار آماری نسبت به دیگر تیمارهای آزمایشی داشت ($p<۰/۰۵$). مقدار کورتیزول تیمار شاهد در مقایسه با دیگر تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌دار افزایشی داشت ($p<۰/۰۵$). کمترین مقدار این معیار در تیمارهای ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم نانو ذره منیزیم در کیلوگرم غذای پایه به‌دست آمد. فعالیت لیزوزیم قبل و بعد از استرس در تیمار ۲۵ به بیشترین حد خود در بین تیمارهای آزمایشی رسید. کمترین مقدار این معیار در تیمار شاهد به‌دست آمد.

آنالیز آنزیم‌های کبدی ماهی کپور معمولی تغذیه شده با سطوح مختلف نانوذره منیزیم در دو مرحله قبل و بعد از مواجهه مزمن با سم گلایفوزیت در جدول ۳ آورده شده است. قبل و بعد از استرس با سم گلایفوزیت، آنزیم آلانین آمینوترانسفراز (ALT) بین تیمارهای مختلف غذایی تفاوت آماری معنی‌داری داشت ($p<۰/۰۵$). بیشترین میزان این آنزیم در تیمار شاهد به‌دست آمد. آنزیم ALT تحت‌تأثیر دوز مکمل غذایی قرار گرفت درحالی‌که زمان استرس بر مقدار آن اثر نداشت. دوز مکمل و زمان استرس بر ترشح آنزیم ALT اثرمتقابل داشت ($p<۰/۰۵$). آنزیم آلکانین فسفاتاز (ALP) بین تیمار شاهد و تیمارهای تغذیه‌ای اختلاف معنی‌دار آماری در زمان‌های قبل و بعد از استرس داشتند ($p<۰/۰۵$). تیمار شاهد در مقایسه با دیگر تیمارهای آزمایشی از مقادیر بیشتری برخوردار بود ($p<۰/۰۵$). دوز مکمل و زمان استرس به‌طور مجزا و همچنین اثرمتقابل این دو عامل بر میزان ترشح آنزیم ALP اثر معنی‌داری داشت ($p<۰/۰۵$). بیشترین میزان آنزیم آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) در تیمار شاهد مشاهده شد به‌طوری‌که دوز مکمل غذایی و زمان بروز استرس با سم گلایفوزیت به‌طور مجزا و همچنین اثرمتقابل این دو عامل با یکدیگر باعث اختلاف‌معنی‌دار بین تیمار شاهد و تیمارهای آزمایشی شد ($p<۰/۰۵$).

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]
[DOI: 10.22034/jair.8.3.73]

جدول ۳- تغییرات آنزیم‌های کبدی ماهی کپور معمولی تغذیه شده با سطوح مختلف نانوذره منیزیم تحت استرس مزمن با سم گلایفوزیت

		ALT	ALP	AST
قبل از استرس	۰ (شاهد)	۳۴/۵ ±۰/۹۹^{a}	۱۳۶/۴ ±۴/۰۸^{a}	۶۴۸/۸۰ ±۴/۰۴^{a}
	۲۵	۲۰/۸ ±۰/۸۸^{d}	۹۸/۷ ±۳/۱۸^{c}	۴۸۶/۰۶ ±۳/۴۷^{d}
	۵۰	۲۹/۱ ±۰/۹۰^{c}	۱۰۶/۱ ±۵/۵۲^{c}	۵۹۲/۵۵ ±۳/۷۹^{c}
	۱۰۰	۳۱/۷ ±۰/۵۰^{b}	۱۲۶/۷ ±۳/۹۱^{b}	۶۱۷/۶۹ ±۲/۴۰^{b}
بعد از استرس	۰ (شاهد)	۳۸/۰ ±۱/۱۹^{a}	۲۳۵/۱ ±۵/۴۷^{a}	۷۳۰/۰ ±۱۴/۵۵^{a}
	۲۵	۳۵/۱ ±۱/۷۱^{b}	۱۲۵/۱ ±۵/۲۸^{c}	۴۵۴/۷ ±۱۲/۶۴^{c}
	۵۰	۲۴/۰ ±۱/۴۰^{d}	۱۴۳/۳ ±۴/۶۳^{b}	۴۸۲/۱ ±۴/۴۰^{b}
	۱۰۰	۲۸/۱ ±۱/۱۱^{c}	۱۳۶/۷ ±۳/۰۰^{b}	۴۹۷/۸ ±۱۱/۵۰^{b}
دوز مکمل		۰/۰۰۶	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
زمان استرس		۰/۲۲۲	۰/۰۰۰	۰/۰۲۷
اثرمتقابل		۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
		S	S	S

حروف غیرمشابه در هر ستون نشان از اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی است ($p<۰/۰۵$).

Significant (S) نشان اختلاف معنی‌دار آماری و اثرمتقابل دو عامل دوز مکمل و زمان استرس است.

۴ | بحث و نتیجه‌گیری

منیزیم عنصری ضروری برای بدن است که قادر به بهبود چگالی معدنی استخوان بوده و نقش کلیدی در تحریک سلول‌های استخوان‌ساز برای رشد، گسترش و بازسازی استخوان‌ها را ایفا می‌کند (Wu *et al.*, 2014). در این پژوهش بیشترین مقدار عملکرد رشد (وزن نهایی، وزن به‌دست آمده، میانگین رشد روزانه) در تیمارهای مصرف‌کننده نانوذره منیزیم به‌مقدار ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد که در این بین بالاترین و کمترین مقدار رشد به‌ترتیب در تیمارهای ۲۵ و ۰ (شاهد) مشاهده شد. منیزیم به‌عنوان یک مکمل غذایی به شکل MgO و MgOH قابل استفاده است. این مواد در آب حل نمی‌شود اما به‌آسانی در شیره‌ی دستگاه گوارش حل شده و در دسترس قرار می‌گیرند (Movahedi and Pourahmad, 2018).

تاکنون تحقیق در ارتباط با به‌کارگیری نانوذره منیزیم در جیره غذایی آبزیان (ماهی کپور) انجام نشده است بنابراین در این تحقیق استفاده خوراکی از دیگر نانوذرات در جیره آبزیان مورد بحث قرار می‌گیرد. به‌کارگیری سطوح ۰، ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ میلی‌گرم نانوذره آهن به شکل یون آزاد و ۶۰ میلی‌گرم سولفات آهن به هر کیلوگرم از غذای پایه ماهی قزل‌آلای رنگین کمان به‌مدت ۸ هفته نشان داد که استفاده از سطح ۳۰ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم غذای خشک سبب افزایش عملکرد رشد و تغذیه بچه‌ماهی قزل آلای پرورشی شد (Ghobadi *et al.* 2017). مطالعه اثرات تجویز خوراکی نانوذرات نقره بر برخی بافت‌های حیاتی ماهی زبرا (*Danio rerio*) نشان داد که استفاده از این نانوذرات در آبزی‌پروری و تغذیه ماهیان با این نانوذرات به‌عنوان یک ماده ضد میکروبی و نیز رهایش آنها به محیط زیست توصیه نمی‌شود (Yazdanparast *et al.*, 2017). اثر مصرف خوراکی نانوزئولیت بر شاخص‌های رشد و بازماندگی قزل‌آلای رنگین کمان بیانگر این مسئله است که عدم مصرف چنین ترکیب نانوتکنولوژیکی در جیره غذایی بچه ماهی قزل‌آلای رنگین کمان مطلوب است (Mohammadi *et al.*, 2014). در همین ارتباط گزارش شده که به‌کارگیری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس کازئی در جیره غذایی ماهی کپور معمولی تا حدی توانست اثرات نامطلوب ناشی از نانو ذرات آهن را خنثی نماید و تأثیر هم‌افزایی مثبت بر رشد و ترکیبات لاشه این ماهی داشته است (Sheikh Veisi *et al.*, 2019). برخلاف گزارشات ذکر شد، در تحقیق حاضر به‌کارگیری نانو ذره منیزیم توانست بر فاکتورهای رشد و تغذیه و همچنین ترشحات آنزیمی روده اثرات مثبت معنی‌داری داشته باشد و از آنجائیکه عنصر منیزیم برای بعضی از گونه‌های جلبکی به‌عنوان ماده تشکیل‌دهنده کلروفیل حیاتی بوده و به‌عنوان یکی از عناصر مغذی نقش مهم و اساسی در رشد و نمو جلبک دارد (Fallahi and Salavatian, 2006) بنابراین به‌نظر می‌رسد رهایش آن از سیستم پرورش ماهی به محیط زیست مشکلات چندانی را بوجود نیاورد چراکه این ماده از لحاظ زیست محیطی تجزیه‌پذیر است.

فعالیت آنزیم‌های گوارشی شاخص مناسبی برای سنجش ظرفیت گوارشی و وضعیت تغذیه‌ای در آبزیان است (Yúfera and Darias, 2007). یکی از کاربردهای استفاده از اکسیدمنیزیم کمک به‌عمل هضم در دستگاه گوارش در جهت رفع مشکلات گوارشی در موجودات زنده است (Tang and Lv, 2014)، همچنین گزارش شده است که منیزیم می‌تواند به‌عنوان یک عنصر ضروری در بدن در فرایندهای مختلف از جمله متابولیسم لیپیدها نقش اساسی داشته باشد (Olatunji and Soladoye, 2007). این تحقیق نشان داد که استفاده از سطوح مختلف نانوذره منیزیم در جیره غذایی ماهی کپور معمولی باعث افزایش مقادیر آنزیم‌های پروتئاز، لیپاز و آمیلاز روده می‌گردد که در این بین بهترین دوز به‌کارگیری نانوذره منیزیم ۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم غذای پایه در مقایسه با تیمار شاهد بود. ارزیابی تجویز خوراکی ترکیب حفاظت‌کننده سیلیمارین به‌میزان ۰ و ۱ گرم در کیلوگرم غذا به‌منظور مقابله با اثرات سمی نانوذره اکسید نیکل به‌میزان ۰، ۱۰۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در هر

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.22034/jair.8.3.73]

کیلوگرم غذا با تأکید بر رشد و فعالیت‌های آنزیم‌های گوارشی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان به‌مدت ۶۰ روز انجام شد. یافته‌ها نشان داد که حضور همزمان سیلیمارین و نانوذره در جیره غذایی موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های گوارشی گردید (Nazdar *et al.*, 2016).

گلوکز و کورتیزول دو فاکتور شاخص در تشخیص وجود یا عدم وجود استرس در محیط پرورش می‌باشد. درصورتی‌که شرایط فیزیولوژیکی ماهی به‌دلیل نامساعد بودن شرایط زیستی و تغذیه‌ای دچار تداخل شود، هورمون‌های کوتیکول آمین، آدرنالین و نورآدرنالین توسط سلول‌های کرومافین به خون ترشح می‌شوند که این هورمون‌ها به‌همراه کورتیزول مترشحه از بخش قدامی کلیه سبب می‌شوند که ماهی با انجام واکنش‌های بیوشیمیایی گلیکوژنولیز، گلیکوژن بافت را به گلوکز تبدیل کرده و وارد جریان خون کنند تا انرژی مورد نیاز سلول‌ها طی فرآیند استرس فراهم شود (Barton, 2000). در مطالعه حاضر، ماهی کپور تغذیه شده با ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم نانوذره در مقایسه با دیگر تیمارهای آزمایشی در مواجهه با استرس مزمن سم گلایفوزیت وضعیت سلامت در سطح بالایی داشت. از آنجائیکه قبل و بعداز استرس بیشترین میزان گلوکز و کورتیزول در تیمار شاهد به‌دست آمد بنابراین می‌توان اظهار داشت که نانوذره منیزیم علاوه بر تحریک رشد و ترشح آنزیم‌های گوارشی می‌تواند به‌عنوان یک محرک ضد استرس معرفی گردد. نانوذره اکسید منیزیم به تنهایی و یا به‌صورت ترکیب با دیگر مواد به‌عنوان یک عامل مؤثر ضد باکتریایی باعث افزایش ایمنی مواد غذایی (Shi *et al.*, 2010) و به‌دلیل داشتن نیتروژن اکسید باعث کاهش تخریب سلولی موجودات زنده گردد (Wang *et al.*, 2007). در این آزمایش قبل و بعداز استرس، فعالیت لیزوزیم بین تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌دار آماری داشت به‌طوری‌که بیشترین مقدار آن در تیمار ۲۵ گرم در کیلوگرم غذا و کمترین آن در تیمار شاهد به‌دست آمد. یکی از مهم‌ترین فاکتور سرمی خون مرتبط با ایمنی غیراختصاصی ماهی نیز بررسی فعالیت لیزوزیم است که در درک بهتر وضعیت ایمنی می‌تواند به‌ما کمک شایانی نماید. افزایش لیزوزیم در بدن نشان از عملکرد مناسب سیستم‌ایمنی ماهی است (Alishahi *et al.*, 2010). به‌طور کلی پاسخ‌های ایمونولوژیکی میگوی بزرگ آب‌شیرین (*Macrobrachium rosenbergii*) به حشره‌کش ارگانوفسفره تری‌کلروفون به‌میزان ۰، ۰/۲ و ۰/۴ میلی‌گرم درلیتر نشان داد که با افزایش میزان غلظت حشره‌کش در محیط پرورش باعث به‌وجود آمدن اختلال و نقص در عملکرد سیستم ایمنی گردید (Chang *et al.*, 2013). درحالی‌که در مطالعه حاضر با افزودن مکمل نانو ذره منیزیم در جیره غذایی تقویت سیستم ایمنی در برابر استرس ناشی از وجود سم گلایفوزیت صورت گرفت.

کبد یکی از اندام‌های مهم در فرآیند گوارش است که تحت‌تأثیر تغذیه قرار می‌گیرد بنابراین برای ارزیابی نحو عملکرد سلول‌های کبدی می‌توان آنزیم‌های کبدی مانند آلانین آمینو ترانسفراز (ALT)، آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) و آلکالین فسفاتاز (ALP) را به‌عنوان تست‌های استاندارد مورد سنجش قرار داد (Giannini *et al.*, 2005; Pratt and Kapla, 2005). یکی از نکات قابل توجه در به‌کارگیری از نانوذرات این است درصورت استفاده بیش‌از حد از این مواد و یا استفاده طولانی‌مدت از این نانوذرات ممکن است باعث آسیب‌های سلولی گردد بنابراین در این مطالعه استفاده از سطوح مختلف نانواکسید منیزیم بر سلامت ماهی کپور مورد آزمایش قرار گرفت. در تحقیق حاضر بیشترین میزان این آنزیم‌ها در تیمار شاهد و کمترین آن در تیمارهای مصرف‌کننده نانوذره منیزیم به‌دست آمد که نشان از عملکرد خوب کبد است. یکی از اندام‌های مهم در بدن که در فرآیند سم‌زدایی از ارگان‌ها شرکت می‌کند نیز کبد است. وجود داروها، فلزات سنگین، سموم و علف‌کش‌ها در محیط آب باعث آسیب به این اندام و تغییرات در ترشحات آنزیم‌های کبدی می‌گردد. در زمان مواجهه مزمن ماهیان در برابر سم گلایفوزیت، ماهیان تغذیه شده با نانو ذرات منیزیم در مقایسه با تیمار شاهد دارای ترشحات آنزیم کبدی کمتری بود که می‌توان به خاصیت جذب آلاینده‌ها از محیط توسط نانوذرات منیزیم نسبت داد. در همین راستا، بررسی تغییرات بافت عضله و آنزیم‌های کبدی ماهی کپور معمولی (*C. carpio*) تغذیه شده با نانوذرات اکسید آهن و روی به‌طور مجزا به‌میزان ۰ (شاهد)، ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ میکروگرم در هر گرم غذا به‌مدت ۶۰ روز نشان داد که استفاده از این نانوذرات می‌تواند باعث بهبود فعالیت آنزیم‌های کبدی شود (Sahraei *et al.*, 2017). برخی از مطالعات نشان از این است که استرس ناشی از غلظت‌های پایین علف‌کش گلایفوزیت به‌مقدار ۰/۴۲ میلی‌گرم در لیتر برای ماهی آب شیرین (*Catla Catla*) می‌تواند باعث تغییرات شدید در فاکتورهای خونی شود (Jerald Felix *et al.*, 2016). به‌طورکلی نتایج به‌دست آمده نشان داد که استفاده از ۲۵ میلی‌گرم نانو اکسید منیزیم در جیره غذایی باعث افزایش رشد، بهره‌وری تغذیه و ترشح آنزیم‌های گوارشی ماهی کپور معمولی می‌گردد. همچنین تغییرات خونی ماهی کپور در برابر استرس مزمن سم گلایفوزیت نشان از اثربخش بودن افزودن نانو اکسید منیزیم در جیره غذایی بود.

پست الکترونیک نویسندگان

شیرین افسردیر: afsardir.shirin@yahoo.com
حدیثه کشیری: hadiskashiri@gmail.com
حسین آدینه: adineh.h@gonbad.ac.ir
سهراب بوذرپور: so.boozarpour@gmail.com
سیدعلی‌اکبر هدایتی: hedayati@gau.ac.ir

REFERENCES

Alishahi M., Ranjbar M.M., Ghorbanpour M., Peyghan R., Mesbah M., Razi jalali M. 2010. Effects of dietary Aloe vera on specific and nonspecific immunity of Common carp (*Cyprinus carpio*). International Journal of Veterinary Research, 4: 189-195. (In Persian).

Barton B.A. 2002. Stress in fishes: a diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. Integrative and comparative biology, 42(3): 517-525.

Bereswill R., Streloke M., Schulz R. 2013. Current-use pesticides in stream water and suspended particles following runoff: exposure, effects and mitigation

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.22034/jair.8.3.73]

requirements. Environmental Toxicology and Chemistry, 32: 1254-1263.

Borges A., Scotti L.V., Siqueira D.R., Jurinitz D.F. Wassermann G.F. 2004. Hematologic and serum biochemical values for jundia (*Rhamdia quelen*). Fish Physiology and Biochemistry, 30: 21-25.

Cahu C.L., Zambonino-Infante J.L., Quazuguel P., Le Gall M.M. 1999. Protein hydrolysate vs. fish meal in compound diets for 10-day old sea bass *Dicentrarchus labrax* larvae. Aquaculture, 171:109- 119.

Chang C.C., Rahmawaty A., Chang Z.W. 2013. Molecular and immunological responses of the giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*, to the organophosphorus insecticide, trichlorfon. Aquatic toxicology, 130: 18-26.

de Lourdes Lima M., Cruz T., Pousada J.C., Rodrigues L.E., Barbosa K., Canguçu V. 1998. The effect of magnesium supplementation in increasing doses on the control of type 2 diabetes. Diabetes care, 21(5): 682-686.

Devaraja P.B., Avadhani D.N., Prashantha S.C., Nagabhushana H., Sharma S.C., Nagabhushana B.M., Nagaswarupa H.P. 2014. Synthesis, structural and luminescence studies of magnesium oxide nano-powder. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 118: 847-851.

Do Carmo Langiano V., Martinez C.B. 2008. Toxicity and effects of a glyphosate-based herbicide on the Neotropical fish *Prochilodus lineatus*. Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology and Pharmacology, 147(2): 222-231.

Ellis A.E. 1990. Lysozyme assays. In: Stolen J.S., Fletcher T.C., Anderson D.P., Robertson B.S., Van Muiswinkel W.B. (eds.). Techniques in Fish Immunology. SOS. Fair Haven, N.J, USA. pp:101-103.

Fallahi M., Salavatian S.M. 2006. Study on effect of different concentrations of magnesium on growth and biomass of Chlorella vulgaris. Pajouhesh & Sazandegi, 72: 9-13. (In Persian).

Ghobadi S., Rajabi H., Hosseinifard M., Palangi L. 2017. Survey on Effects of Different Levels of Nano Iron on Growth and Nutrition Performance in Rainbow Trout. Breeding and Aquaculture Sciences Journal, 1(1): 67-82. (In Persian).

Giannini E.G., Testa R., Savarino V. 2005. Liver enzyme alteration: a guide for clinicians. Canadian Medical Association Journal, 172 (3): 367-379.

Iijima N., Tanaka, S., Ota Y. 1998. Purfication and characterization of bile salt activated Lipase from the hepatopancreas of red sea bream (*Pagrus major*). Journal of Fish Physiology and Biochemistry, 18: 59-69.

Jerald Felix F., Saradhamani N., ManishKumar B., Charles Maria Prabhu F. 2016. Toxic effects of herbicide Glyphosate Hijck® (41%) on serum biochemical parameters of freshwater fish, *Catla Catla* (HAM). World journal of pharmacy and pharmaceutical sciences, 5(7): 1928-1937.

Jofré D.M., Germanó García M.J., Salcedo R.E., Morales M., Alvarez M., Enriz R.D. 2013. Fish toxicity of commercial herbicides formulated with glyphosate. Environmental and Analytical Toxicology, 4(1):199-201.

Kucuk O., Kahraman A., Kurt I., Yildiz N., Onmaz A.C. 2008. A combination of zinc and pyridoxine supplementation to the diet of laying hens improves performance and egg quality. Biological Trace Element Research, 126:165-175.

Mohammadi M., Shamsai Mehrjan M., Abbasi Ghadiklaie H., Afsar A., Soltani A., Rezaei D. 2014. The effect of oral administration of nano zeolite on growth and survival indices of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Journal of Aquaculture Development, 8(2): 55-65. (In Persian).

Moss D.M., Rudis M., Henderson S.O. 1999. Cross-sensitivity and the anticonvulsant hypersensitivity syndrome1. The Journal of emergency medicine, 17(3): 503-506.

Movahedi N., Pourahmad A. 2018. Fabrication, Characterization and Antibacterial Properties of MgO Nanoparticles in Zeolite Matrix. Iranian Journal of Medical Microbiology, 12 (2): 116- 124. (In Persian).

Nazdar N., Imani A., Noori F., Sarvi Moghanlou K. 2016. Digestive enzymes activity and growth indices of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed diets supplemented with silymarin and Nickle Oxide nanoparticles. Iranian Scientific Fisheries Journal, 25(2): 51-67. (In Persian).

Olatunji L.A., Soladoye A.O. 2007. Increased magnesium intake prevents hyperlipidemia and insulin resistance and reduces lipid peroxidation in fructose-fed rats. Pathophysiology, 14(1): 11-15.

Pratt D.S., Kapla M.M. 2005. Evaluation of liver function. In: Braunwald E, Kasper AS, Fauci AL (Eds.). Harrison's principles of internal medicine. 21st edition. New York: McGraw Hill, USA. pp: 1813-1817.

Rungruangsak-Torrissen K., Rustad A., Sunde J., Eiane S.A., Jensen H.B., Opstvedt J., Nygard E., Samuelsen T.A., Mundheim H., Luzzana U. 2002. In vitro digestibility based on fish crude enzyme extract for prediction of feed quality in growth trials. Journal of the Science of Food and Agriculture, 82: 644-654.

Sahraei H., Hedayati S.A.A., Marivani L., Rezaei K. 2017. Investigating changes in Common Carp *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 muscle and liver enzymes Fed with iron and zinc oxide nanoparticles. Journal of Applied Ichthyological Research, 5(2): 79-96. (In Persian).

Salehi H. 2003. Market perspective on cultured carp products in Iran. Asia Pacific Conference on Aquaculture. Bangkok, Thailand. 45p.

Sheikh Veisi R., Hedayati S.A., Bagheri T., Nodeh A.J. 2019. Studyon Growth Performance and Carcass Composition of Common Carp (*Cyprinus carpio*) Exposed to Silver Oxide Nanoparticles and *Lactobacilluscaseie* Probiotic. Animal Physiology and Development, 12(3): 59- 66. (In Persian).

Shi L.E., Xing L., Hou B., Ge H., Guo X., Tang Z. 2010. Inorganic nano mental oxides used as anti-microorganism agents for pathogen control. Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial, 15(361): 25-8.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.22034/jair.8.3.73]

Slutsky I., Abumaria N., Wu L.J., Huang C., Zhang L., Li B., Zhao X., Govindarajan A., Zhao M-G., Zhuo M., Tonegawa S., Liu G. 2010. Enhancement of learning and memory by elevating brain magnesium. Neuron, 65(2): 165-177.

Szarek J., Siwicki A., Andrzejewska A., Terech-Majewska E., Banaszkiewicz T. 2000. Effects of the herbicide Roundup TM on the ultra-structural pattern of hepatocytes in carp (*Cyprinus carpio*). Marine Environ- mental Research, 50(1): 263-66.

Tajbakhsh M., Farhang M., Hosseini A.A. 2014. MgO nanoparticles as an efficient and reusable catalyst for aza-Michael reaction. Journal of the Iranian Chemical Society, 11(3): 665-672. (In Persian).

Tang Z.X., Lv B.F. 2014. MgO Nanoparticles as antibacterial agent: preparation and activity. Brazilian Journal of Chemical Engineering, 31(3):591-601.

Tokur B., Ozkutuk S., Atici E., Ozyurt G., Ozyurt C.E. 2006. Chemical and sensory quality changes of fish fingers, made from mirror carp (*Cyprinus carpio* L., 1758), during frozen storage (-18^{C}). Food Chemistry, 99: 335-341.

Vaidhyanathan B., Agrawal D.K., Shrout T.R., Fang Y. 2000. MATERIALS IETTERS. Materials Letters, 42: 207-211.

Wang B., Peng L., Zhu L., Ren P. 2007. Protective effect of total flavonoids from *Spirodela polyrrhiza* (L.) Schleid on human umbilical vein endothelial cell damage induced by hydrogen peroxide. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 60(1): 36-40.

Williams G.M., Kroes R., Munro I.C. 2000. Safety evaluation and risk assessment of the herbicide Round- up and its active ingredient, glyphosate, for humans. Regulatory Toxicology and Pharmacology, 31(2):117-65.

Worthington C.C. 1993. Worthington Enzyme Manual. Enzymes and related Biochemicals Worthington Chemical. New Jersey, USA. 730p.

Wu Z., Tang T., Guo H., Tang S., Niu Y., Zhang J., Wenjing Z., Rui M., Jiacan S., Changsheng L., Wei, J. 2014. In vitro degradability, bioactivity and cell responses to mesoporous magnesium silicate for the induction of bone regeneration. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 120:38-46.

Yazdanparast T., sharifpour I., Soltani M. 2017. Effects of nano-silver particles on some vital tissues of Zebra fish (*Danio rerio*) fed via oral administration. Journal of Veterinary Research, 72(1): 23-32. (In Persian).

Yúfera M., Darias M.J. 2007. The onset of exogenous feeding in marine fish larvae. Aquaculture, 268:53-63.

نحوه استناد به این مقاله:

افسردیر ش.، کشیری ح.، آدینه ح.، بوذرپور س.، هدایتی س.ع.ا. تأثیر سطوح مختلف نانوذرات اکسیدمنیزیم بر رشد، فعالیت آنزیم‌های گوارشی و فاکتورهای ایمنی ماهی کپورمعمولی *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 در مواجهه با سم گلایفوزیت (Glyphosate). نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی دانشگاه گنبدکاووس. ۱۳۹۹، ۸۲-۷۳ :(۳)۸ .

Afsardir Sh., Kashiri H., Adineh H., Boozarpour S., Hedayati S.A.A. Effect of different levels dietary magnesium nanoparticles on growth, digestive enzymes activity, and immunological parameters of common carp *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 exposed to glyphosate. Journal of Applied Ichthyological Research, University of Gonbad Kavous. 2020, 8(3): 73-82.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.22034/jair.8.3.73]

Effect of different levels dietary magnesium nanoparticles on growth, digestive enzymes activity, and immunological parameters of common carp *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 exposed to glyphosate

Afsardir Sh[1]., Kashiri H[1]., Adineh H[*2]., Boozarpour S[3]., Hedayati S.A.A.[1].

[1] Dept. of Aquatic Ecology, Faculty of Fisheries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
[2] Dept. of Fisheries, Faculty of Agriculture science and natural resources, Gonbad Kavous University, Gonbad, Iran
[3] Dept. of Biology, Faculty of Basic Sciences, Gonbad Kavous University, Gonbad, Iran

Type:

Original Research Paper

Paper History:

Received: 27-12-2019
Accepted: 30-01- 2020

Corresponding author:

Adineh H. Dept. of Fisheries, Faculty of Agriculture science and natural resources, Gonbad Kavous University, Gonbad, Iran

Email: adineh.h@gonbad.ac.ir

Abstract

This study aimed to evaluate the effects of different dosages of magnesium-oxide nanoparticles (nano-Mg) on the growth performance, digestive enzyme activities, and some innate immune parameters in common carp fingerling (*C. carpio*). Nano-Mg was added to the experimental basal diets at the rates of 0 (control), 25, 50, and 100 mg/kg. Four groups of fish with an average weight of 12.96± 0.41 g were fed with the experimental diets for 60 days. Fish that were fed diet supplemented contain 25 mg nano-Mg/kg displayed improvement in growth performance, including final weight and weight gain, average daily gain, and specific growth rate. The feed conversion ratio was significantly lowered in fish fed with 25 mg of nano-Mg compared to the control group. Intestinal digestive enzyme activities (amylase, lipase, and protease) were significantly affected by dietary magnesium-oxide nanoparticles. At the end of the experiment, fish were exposed to chronic glyphosate herbicide for 14 days. Before and after the stress, the highest lysozyme activity and lowest cortisol level were obtained in 25 mg nano-Mg/kg diet. Liver enzymes (before and after stress) were significantly increased in the control compared to the other experimental groups. According to the result of the present study, the addition of 25 mg nano-magnesium per kg feed improves growth, digestive enzyme secretion, and innate immunity of common carp and counteracts the adverse impacts of glyphosate herbicide.

Keywords: *C. carpio*, Magnesium-oxide nanoparticles, Fish performance, Glyphosate, Blood factors

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.22034/jair.8.3.73]