



تأثیر مونوآمونیم فسفات بر روی برخی فاکتورهای بیوشیمیایی خون، آنالیز استخوان و میزان رشد ماهی زینتی کوی (*Cyprinus carpio Koi*)

هومن رحمتی هولاسو^{۱،۴}، علی حدادی^۲، حسینعلی ابراهیمزاده موسوی^۱، علی طاهری میرقائد^۱

جواد صادقی نژاد^۳

^۱ گروه بهداشت و بیماری‌های آبزیان، دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران، تهران، ایران

^۲ دانش آموخته، دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران، تهران، ایران

^۳ گروه علوم پایه، دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران، تهران، ایران

^۴ قطب بهداشت و بیماری‌های ماهیان گرمابی، دانشکده شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

doi 10.22059/jvr.2019.287435.2964

تاریخ دریافت: ۲۷ اردیبهشت ماه ۱۳۹۹، تاریخ پذیرش: ۳۱ تیر ماه ۱۳۹۹

چکیده

زمینه مطالعه: تعادل در میزان مواد معدنی در جیره غذایی آبزیان اهمیت بسیاری دارد. فسفر یکی از مهم‌ترین مواد معدنی در تغذیه ماهی و آبزیان می‌باشد. اهمیت فسفر نه فقط به خاطر رشد و سلامت ماهی، بلکه افزایش بیش از حد فسفر و دفع آن به آب موجب آلودگی و شکوفایی جلبکی می‌باشد.
هدف: هدف از این مطالعه بررسی اثرات افزودن مونوآمونیم فسفات (MAP) در جیره غذایی ماهی کوی (*Cyprinus carpio Koi*) و مقایسه آن با مونوکلسیم فسفات (MCP) بوده است.

روش کار: ۶۵۰ قطعه بچه ماهی کوی با وزن اولیه ۱۷ گرم در ۱۵ تانک توزیع (۵ تیمار - هر کدام در سه تکرار) و با جیره‌های غذای حاوی مونوآمونیم فسفات در سه سطح (۰/۷۵، ۱/۵ و ۳ درصد از جیره)، مونوکلسیم فسفات در یک سطح (۳ درصد از جیره) و یک گروه شاهد (بدون افزودن مکمل فسفر) به مدت ۸ هفته تغذیه شدند.
نتایج: شاخص‌های رشد و ضریب تبدیل غذایی در ماهیان تغذیه شده با ۳ درصد مونوآمونیم فسفات بهترین نتایج را در بر داشت. گروه شاهد کمترین افزایش وزن و بیشترین ضریب تبدیل غذایی را نشان داد. میزان فسفر خون نیز با افزایش میزان مونوآمونیم فسفات رابطه مستقیم و معنی‌داری نشان داد. بیشترین میزان کلسیم در خون در گروه تغذیه شده با مونوکلسیم فسفات به میزان ۳ درصد دیده شد.

نتیجه‌گیری نهایی: نظر به بهبود شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای، افزودن ۱/۵ تا ۳ درصد مونوآمونیم فسفات به جیره غذایی بچه ماهیان کوی پیشنهاد می‌شود.

کلمات کلیدی: مونوآمونیم، فسفات، ماهی کوی، خون، رشد

کی‌رایت © تحقیقات دامپزشکی: دسترسی آزاد؛ کی‌برداری، توزیع و نشر برای استفاده کامل با ذکر منبع آزاد است.

نویسنده مسئول: هومن رحمتی هولاسو، گروه بهداشت و بیماری‌های آبزیان، دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران، تهران، ایران
rahmatih@ut.ac.ir

مقدمه

کشورهای اروپایی، بیش از ۸۰ درصد تولید آبی پروری مربوط به ماهی کپور معمولی است (۳).

فسفر یکی از مهم‌ترین مواد معدنی مورد نیاز ماهی است. این ماده برای رشد ماهی، مینرالیزه شدن استخوان، تولید مثل، متابولیسم کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و آمینواسیدها ضروری است و در بسیاری از

ماهی کپور مهم‌ترین گونه پرورشی در آسیا و برخی کشورهای اروپایی می‌باشد. این ماهی در سراسر جهان به صورت گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد و ماهی کپور معمولی رتبه سوم را از نظر مقدار تولید در سراسر جهان دارد. عادت پذیری این ماهی به غذا و محیط از مهم‌ترین دلایل محبوبیت این ماهی در سراسر جهان بوده است (۲۶). در برخی

به آب و آلودگی محیط زیست افزایش یافت و در نتیجه تلاش زیادی برای تعیین دقیق میزان فسفر مورد نیاز آبریان پرورشی انجام گرفت (۱۶،۳۲). با افزایش نگرانی‌ها در جهت کاهش آلودگی آب‌ها، کاهش فسفر دفعی به آب از طریق ماهی تبدیل به یکی از مهم‌ترین چالش‌های صنعت تولید غذای آبریان گردید (۲۷).

کپور ماهیان از دسته ماهیان بدون معده هستند و نمی‌توانند شیره معده تولید کنند. منبع اصلی پروتئین در جیره کپور ماهیان پودر ماهی است که حاوی مقادیر زیادی فسفر معدنی به فرم تری کلسیم فسفات می‌باشد که توسط کپور قابل جذب نیست. تنها ۱۰ درصد از فسفر پودر ماهی برای کپور قابل دسترسی می‌باشد و استفاده بیش از حد از پودر ماهی منجر به افزایش دفع فسفر به محیط و به دنبال آن افزایش آلودگی و شکوفایی جلبکی در آب و همچنین افزایش هزینه جیره غذایی می‌شود (۳۴).

ماهی کوی یکی از محبوب‌ترین ماهیان زینتی در سراسر جهان است. اطلاعات به دست آمده از این مطالعه را می‌توان برای کپور معمولی نیز تعمیم داد زیرا که این ماهی وارپتهای زینتی از ماهی کپور است که از مهم‌ترین ماهیان پرورشی در ایران و جهان است. کپور زینتی (کوی) با تنوع گسترده‌ای از رنگ‌ها و الگوی‌های رنگی شناخته می‌شود. بیش از ۱۰۰ نوع ترکیب رنگی مختلف در این ماهی ایجاد شده و به عنوان ماهی زینتی عرضه شده است (۱۸).

مونو آمونیوم فسفات یا همان آمونیوم دی هیدروژن فسفات با فرمول $NH_4H_2PO_4$ زمانی شکل می‌گیرد که محلول اسید فسفریک به آمونیاک اضافه شود تا زمانی که محلول به وضوح اسیدی شود. مونو آمونیوم فسفات (MAP) معمولاً در کشاورزی برای حاصل خیز کردن زمین استفاده می‌شود. این محصول خاک را با عناصر نیتروژن و فسفر غنی می‌کند و به مصرف گیاه می‌رسد. همچنین به عنوان یک ماده شیمیایی برای اطفاء حریق کاربرد دارد (۱۹).

در این مطالعه به منظور تأمین فسفر مورد نیاز ماهی کوی، از سطوح مختلف پودر مونوآمونیوم فسفات (MAP) استفاده شده است و به منظور مقایسه با پودر مونوکلسیم فسفات (MCP) در یک گروه آزمایشی از MCP برای تأمین فسفر مورد نیاز ماهی استفاده شده است.

مواد و روش کار

محل انجام پژوهش: ۶۵۰ قطعه ماهی کوی با وزن بین ۱۲ تا ۱۷ گرم از مرکز پرورش ماهیان زینتی شهید مؤمنی نژاد قم خریداری

پرونده‌های متابولیک در ماهی مثل خاصیت بافری مایعات بدن نقش اساسی دارد (۱۲،۳۱). فسفر یک عنصر مهم و عمده در بافت اسکلتی است که بیش از یک سوم آن در فسفولیپیدها، نوکلئیک اسیدها، غشای سلولی و ترکیبات غنی از انرژی یافت می‌شود (۱۵). بنابراین فسفر علاوه بر نقش داشتن در متابولیسم چربی‌ها و کربوهیدرات‌ها نقش مهمی در تبدیل انرژی و حفظ یکپارچگی غشای سلولی و کدگذاری ژنتیکی و همچنین سنتز آنزیم‌های کلیدی ایفا می‌کند (۳۰). کمبود فسفر خوراکی موجب رشد ضعیف ماهی، مشکلات استخوانی، کاهش بازدهی جیره، کاهش خاکستر لاشه در کل بدن و ستون مهره‌ها، افزایش چربی لاشه، دفرمه شدن سیستم اسکلتی و دفرمه شدن سر می‌شود (۲۴،۳۱). با توجه به این موارد می‌توان گفت فسفر مهم‌ترین ماده معدنی مورد نیاز برای ماهی است. به این دلیل که ماهی برای رشد، تشکیل و تکامل استخوان و همچنین متابولیسم چربی و کربوهیدرات به فسفر نیاز دارد (۲،۳۱). ماهی‌ها برای تولید مثل نیز به فسفر نیاز دارند (۱۲). در حیوانات خشکی زی نیز فسفر یک عنصر مهم و عمده در بافت اسکلتی می‌باشد و در تمام سلول‌های بدن نیز وجود دارد. ماهی‌ها قابلیت جذب فسفر از آب را دارند. هرچند به علت غلظت کم فسفر در آب‌های طبیعی و نرخ جذب کم فسفر توسط ماهی باید فسفر به اندازه کافی در جیره غذایی ماهی وجود داشته باشد تا از مشکلات ناشی از کمبود فسفر جلوگیری شود (۵). منابع گیاهی دارای مقادیر بالایی فسفر به شکل فیتات هستند که البته برای ماهی غیرقابل مصرف است و ماهی‌ها نمی‌توانند از آن استفاده کنند زیرا فاقد آنزیم فیتاز هستند (۲۵).

احتباس و حفظ فسفر همچنین مستقیماً با نرخ رشد تحت تأثیر قرار می‌گیرد و مقادیر بیشتری از فسفر توسط بدن ماهی در هنگام رشد خوب جذب و محتبس می‌شود (۱۴). در ماهیان حتی اگر دریافت فسفر صفر هم باشد باز مقداری فسفر از طریق غیر مدفوعی دفع می‌شود و این مقدار با فسفر دریافتی تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد (۲۷). در کپور معمولی فسفر دفعی از بدن بر اساس احتباس فسفر در کل بدن بیشتر از ماهیان دیگر از جمله آزاد ماهیان است (۱۰،۳۱). استفاده از مقادیر بهینه فسفر در غذای تجاری ماهی نه تنها از نظر اقتصادی اهمیت دارد بلکه به دلایل زیست محیطی نیز باید تا حد امکان فسفر دفعی توسط ادرار و مدفوع ماهی در آب‌های طبیعی کاهش یابد (۷). مقادیر بالای فسفر در جیره ماهی می‌تواند اثرات جدی بر محیط زیست داشته باشد. آلودگی آب با فسفر نکته‌ای مهم و قابل توجه است زیرا این عنصر یک عامل اصلی در رشد جلبکی است و می‌تواند کیفیت آب را شدیداً تحت تأثیر قرار دهد. مطالعات متعدد در ارتباط با متابولیسم فسفر در آبی پروری با افزایش نگرانی در مورد دفع فسفر

دسترس جیره‌های آزمایشی به روش Satoh و همکاران در سال ۱۹۹۷ محاسبه شد که در جدول ۲ نشان داده شده است (۲۸). این مطالعه با ۵ گروه آزمایشی و هر گروه دارای ۳ تکرار انجام شد. ابعاد تمام تانک‌ها به یک اندازه به طول ۱۲۰ سانتی‌متر و عرض ۴۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر بود. غذا دهی ماهیان هر گروه با غذاهای فرموله شده ۲ بار در روز هر بار ۱ درصد وزن بدن انجام شد. هر دوهفته یک بار اقدام به وزن کشی ماهیان هر گروه شد و وزن کل ماهیان هر گروه بدست می‌آمد و مطابق با آن ۲ بار در روز هر بار ۱ درصد وزن بدن غذادهی ادامه داده می‌شد.

غذاهای گروه‌های آزمایشی به شرح زیر بود:

گروه ۱ (کنترل): تغذیه با غذای فرموله شده فاقد افزودنی فسفر
گروه ۲ (تیمار ۱): تغذیه با غذای فرموله شده + ۰/۷۵ درصد
مونوآمونیم فسفات (MAP 0.75 %)

گروه ۳ (تیمار ۲): تغذیه با غذای فرموله شده + ۱/۵ درصد
مونوآمونیم فسفات (MAP 1.5 %)

گروه ۴ (تیمار ۳): تغذیه با غذای فرموله شده + ۳ درصد
مونوآمونیم فسفات (MAP 3 %)

گروه ۵ (تیمار ۴): تغذیه با غذای فرموله شده + ۳ درصد
مونوکلسیم فسفات (MCP 3 %)

درصد میزان فسفر کل (TP) و فسفر قابل دسترس (AP) در جیره‌های آزمایشی به روش Satoh و همکاران ۱۹۹۷ (۲۸) محاسبه شد و در جدول ۲ نشان داده شده است.

فاکتورهای خونی سرم ماهی: اولین روز آزمایش، ۳ ماهی از هر تانک به صورت تصادفی انتخاب و با استفاده از اسانس فراوری شده گل میخک (PI222) تولید شرکت پارس ایمن دارو، بی‌هوش شدند. سپس وزن دقیق آن‌ها توسط ترازوی مدل BL1 ثبت شد و خون‌گیری از آن‌ها توسط سرنگ‌های ۲ سی سی از طریق ورید ساقه دمی انجام شد. سپس خون به میکروتیوب‌های ۲ سی سی منتقل شد و نیم ساعت بعد از لخته شدن خون، میکروتیوب‌ها در سانتیفریوژ قرار داده شدند. سرم خون با سانتیفریوژ کردن نمونه‌های خون به مقدار ۵۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه جداسازی شد. سپس به منظور اندازه‌گیری فاکتورهای خونی مورد نظر سرم‌های جدا شده به آزمایشگاه کلینیکال پاتولوژی دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران ارجاع شدند و فاکتورهای خونی سرم ماهی‌ها شامل فسفر، کلسیم

و با رعایت اصول بهداشتی به مرکز تحقیقات ماهیان زینتی گروه بهداشت و بیماری‌های آبزیان در دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران منتقل شدند. پس از یک روز قطع غذا، ماهیان به منظور عادت‌پذیری به مدت ۴ هفته با غذای کنترل که عاری از هرگونه افزودنی فسفر بود، به میزان ۲ درصد وزن بدن در ۲ وعده تغذیه شدند. برنامه نوری شامل ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی بود. پس از پایان دوره آدپتاسیون ماهی‌ها وزن شدند و ماهیانی که اختلاف وزن زیادی با بقیه داشتند کنار گذاشته شدند و ۵۷۰ قطعه ماهی با میانگین وزن ۱۷ گرم انتخاب شدند و به ۵ گروه آزمایشی که هر کدام دارای ۳ تکرار و هر تکرار دارای ۳۸ قطعه ماهی بود در تانک‌های هم‌اندازه (طول ۱۲۰ سانتی‌متر و عرض ۴۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر) تقسیم بندی شدند. طول کل دوره آزمایش ۶۰ روز بود. و در طول این مدت ماهی‌ها هر روز ۲ بار و هر بار ۱ درصد وزن بدن (جمعاً ۲ درصد وزن بدن در هر روز) تغذیه شدند.

فاکتورهای فیزیکی شیمیایی آب: در طول دوره آزمایش فاکتورهای مختلف به صورت روزانه بررسی و ثبت شدند. میانگین دمای تانک‌ها در طول روز اندازه‌گیری شد. اکسیژن رسانی به تانک‌ها با کمک پمپ هوادهی مرکزی انجام می‌شد. روزانه اکسیژن محلول تانک‌ها بررسی (میانگین $6/4 \text{ mg/l}^{-1}$) می‌شد. میانگین pH آب در طول آزمایش با pH متر دیجیتال و میانگین سختی آب با دستگاه سختی‌سنج اندازه‌گیری می‌شد. برای جلوگیری از کدر شدن و آلودگی بیش از حد آب از فیلترهای داخل آبی یکسان مخصوص آکواریوم‌ها استفاده و هر دو روز ۱ بار فیلترها شسته و مجدداً داخل تانک‌ها قرار می‌گرفتند. سیفون کردن فضولات کف آکواریوم‌ها هر روز ۱ بار انجام می‌شد و روزانه بیست درصد آب هر آکواریوم تعویض می‌شد. به منظور تعیین دقیق غذای مورد نیاز، هر دو هفته تمام ماهیان با ترازوی دیجیتالی مدل BL1 وزن‌کشی شده و به تانک خود بازگردانده می‌شدند.

آماده سازی غذای ماهی‌ها: به منظور پیشگیری از هرگونه خطای انسانی در اضافه کردن مکمل‌ها به غذای ماهیان، غذای مورد استفاده در طرح حاضر به صورت کارخانه‌ای آماده‌سازی شد. بدین منظور غذای استاندارد ماهی کوی توسط شرکت اسپاروس کشور پرتغال آماده شد. مواد غذایی تشکیل دهنده جیره‌های آزمایشی در جدول ۱ ذکر شده‌اند. همچنین مونوآمونیم فسفات (MAP) ۰/۷۵، ۱/۵، ۳ درصد و مونوکلسیم فسفات (MCP) ۳ درصد تولید شرکت آلیمفوس کشور هلند توسط شرکت اسپاروس در فرایند تولید غذا به صورت کارخانه‌ای به غذای گروه‌های مختلف اضافه شد. هیچ گونه افزودنی فسفر به غذای گروه کنترل اضافه نشد. فسفر کل و فسفر قابل

افزایش وزن بدن (گرم) / مقدار غذای مصرفی (گرم) = FCR

درصد افزایش وزن (Weight gain percentage):

$$\text{Weight gain (\%)} = [(W_2 - W_1) / W_1] \times 100$$

ضریب رشد ویژه (Specific growth rate; SGR):

$$\text{SGR} = (\ln W_1 - \ln W_2) / T \times 100$$

نرخ رشد روزانه (Daily growth rate; DGR):

$$\text{DGR} = [(W_2 - W_1) / T] \times 100$$

در این فرمول‌ها، W_1 و W_2 به ترتیب وزن اولیه و نهایی ماهی

بر حسب گرم و T طول دوره پرورش بر حسب روز می‌باشند.

تجزیه و تحلیل آماری: تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از

نرم افزار SPSS نسخه ۲۱ و آزمون‌های آماری آنالیز واریانس یک‌طرفه

(ANOVA) و توکی (Tukey) انجام شد. داده‌ها به صورت میانگین

+ انحراف معیار بیان شد.

توسط دستگاه اتوآنالیز اسپکتروفتومتری مدل Selectra proM اندازه‌گیری شدند.

آنالیز استخوان: پس از اتمام خونگیری ماهی‌ها با دوز بالای

اسانس فراوری شده گل میخک (PI222) آسان کشی شده ستون

مهره‌ها نیز به منظور انجام آزمایش‌ها بر روی استخوان جداسازی شد.

ستون مهره‌ها پس از حرارت دادن از عضلات جدا شد و سپس با برس

و آب مقطر شسته شد تا جایی که تمام بافت عضلانی چسبیده به

استخوان پاک شود. سپس به مدت ۱۲ ساعت در حرارت ۱۰۵ درجه

سانتی‌گراد خشک و تا زمان اندازه‌گیری فسفر، کلسیم و خاکستر در

دمای ۷۵ - درجه سانتی‌گراد فریز شد. تعیین میزان خاکستر با

سوزاندن نمونه در کوره با حرارت ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد انجام گرفت.

کلسیم و فسفر به روش طیفسنجی جذب اتمی اندازه‌گیری شدند.

شاخص‌های رشد و تغذیه: شاخص‌های رشد و تغذیه در

انتهای دوره پرورش با استفاده از روابط زیر تعیین شد:

- ضریب تبدیل غذایی (Feed conversion ratio; FCR):

جدول ۱. فورمولاسیون و ترکیبات تشکیل دهنده جیره‌های آزمایشی (g/kg⁻¹).

MCP 3%	MAP 3%	MAP 1.5%	MAP 0.75%	Control	ترکیبات غذا/گروه آزمایشی
۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	CPSP 90
۵	۵	۵	۵	۵	پودر ماهی مرکب
۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	پودر کریل
۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	عصاره صدف دوکفه‌ای سبز
۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	کنسانتره سویا
۱	۱	۱	۱	۱	کنسانتره نخود فرنگی
۸	۸	۸	۸	۸	گلوتن گندم
۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	گلوتن ذرت
۱۹/۰۹	۱۷/۵۸	۱۹/۸۹	۲۱/۵۰	۲۲/۲	پودر گندم
۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	مخمر آبجو
۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	مخلوط جلبک‌های دریایی
-	۳	۱/۵	۰/۷۵	-	MAP
۳	-	-	-	-	MCP
۰/۱۱	۱/۶۲	۰/۸۱	۰/۴	-	کلسیم کربنات
۵/۵	۵/۵	۵/۵	۵/۵	۵/۵	روغن ماهی سالمون
۲	۲	۲	۲	۲	پرمیکس ویتامین و مواد معدنی بدون فسفر
۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	Lutavit C35
۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	Lutavit E50
۱	۱	۱	۱	۱	بتئین هیدروکلراید
۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	عصاره سیر
۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	روغن پاپریکا
۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	آنتی‌اکسیدانت
۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	سدیم پروپیونات
۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	کاروفیل صورتی ۱۰ درصد
۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	آل‌لینزین

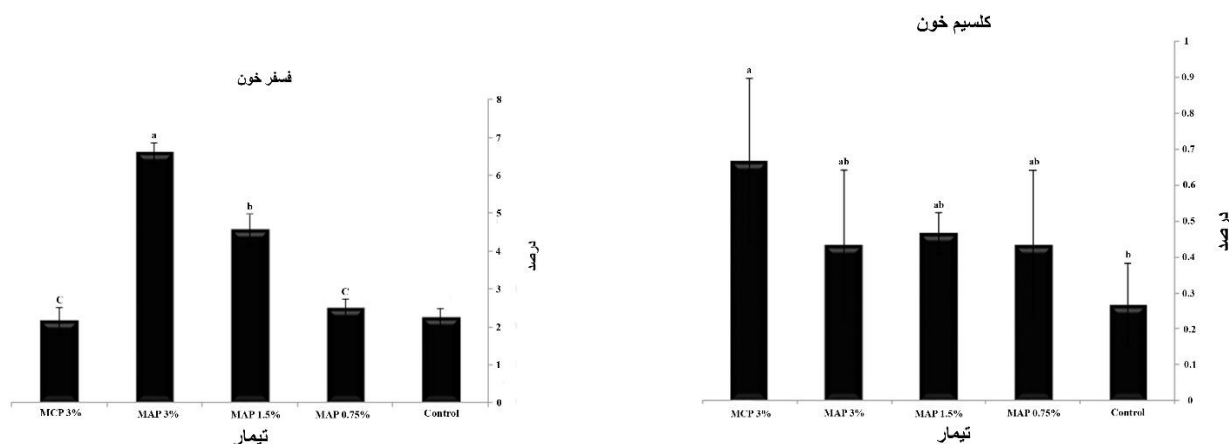
اعداد درج شده در جدول بر حسب g/kg⁻¹ جیره غذایی می‌باشد.

جدول ۲. فسفر کل و فسفر قابل دسترس جیره‌های آزمایشی (g/kg⁻¹ ماده خشک).

گروه آزمایشی	Control	MAP 0.75%	MAP 1.5%	MAP 3%	MCP 3%
فسفر کل	۰/۴۳۴	۰/۶۲۶	۰/۸۱۷	۱/۲	۱/۱۰۶
فسفر قابل دسترس	۰/۲۴۲	۰/۳۹۶	۰/۵۵۰	۰/۸۵۸	۰/۷۸۲

جدول ۳. مقایسه اثر غذای گروه کنترل و گروه‌های دارای مقادیر مختلف MAP و MCP بر شاخص‌های رشد و تغذیه در طول دوره پرورش (میانگین ± انحراف معیار).

فاکتور	Control	MAP 0.75%	MAP 1.5%	MAP 3%	MCP 3%
وزن ثانویه	۲۵/۲۱ ± ۰/۲۳ ^d	۲۹/۶۶ ± ۰/۶۴ ^c	۳۱/۲۶ ± ۰/۵۹ ^b	۳۴/۷۴ ± ۱/۳ ^a	۲۹/۲۲ ± ۰/۹۹ ^c
ضریب تبدیل غذایی FCR	۲/۷۱ ± ۰/۱ ^a	۱/۷۶ ± ۰/۰۸ ^b	۱/۵۸ ± ۰/۰۷ ^c	۱/۲۵ ± ۰/۰۸ ^d	۱/۸۳ ± ۰/۱۳ ^b
درصد افزایش وزن WG	۴۷/۴۸ ± ۱/۷۸ ^d	۷۲/۶۸ ± ۲/۱۸ ^c	۸۰/۰۶ ± ۴/۰۵ ^b	۱۰۲/۸۵ ± ۵/۱۳ ^a	۷۰/۵۲ ± ۴/۳۴ ^c
ضریب رشد ویژه SGR	۰/۶۵ ± ۰/۰۲ ^d	۰/۹۱ ± ۰/۰۳ ^c	۰/۹۸ ± ۰/۰۴ ^b	۱/۱۸ ± ۰/۰۴ ^a	۰/۸۹ ± ۰/۰۵ ^c
نرخ رشد روزانه DGR	۱۳/۵۳ ± ۰/۴۶ ^d	۲۰/۸۱ ± ۰/۹ ^c	۲۳/۱۶ ± ۱/۰۸ ^b	۲۹/۳۶ ± ۱/۷۳ ^a	۲۰/۱۴ ± ۱/۳۳ ^c



نمودار ۱ و ۲. آنالیز فاکتورهای فسفر و کلسیم سرم خون نشان دهنده بیشترین میزان فسفر در گروه ۳ درصد MAP و بیشترین میزان کلسیم در گروه ۳ درصد MCP است. حروف غیرمشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار بین گروه‌ها است.

تیمارها داشتند ($P < 0.05$). کمترین و بیشترین میزان درصد افزایش وزن WG، ضریب رشد ویژه SGR و نرخ رشد روزانه DGR نیز با اختلاف معنی‌داری در مقایسه با سایر تیمارها به ترتیب در تیمار ۰ درصد MAP و ۳ درصد MAP دیده شد ($P < 0.05$). مقایسه اثر غذای گروه کنترل و گروه‌های دارای مقادیر مختلف MAP و MCP بر شاخص‌های رشد و تغذیه در طول دوره پرورش در جدول ۳ نشان داده شده است.

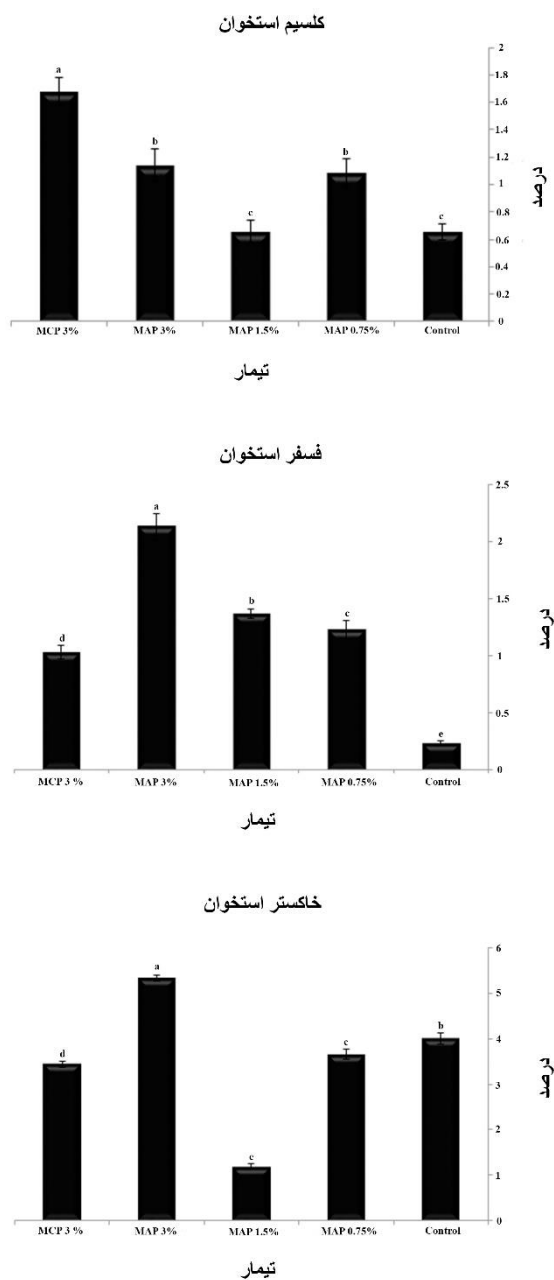
نتایج فاکتورهای خونی سرم ماهی: فسفر و کلسیم خون ابتدا و انتهای دوره آزمایش اندازه‌گیری شد (نمودار ۱، ۲).

در خصوص فسفر خون به دست آمده کمترین مقدار در تیمار ۳ درصد MCP به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمار کنترل و ۰/۷۵ درصد MAP نشان نداد ($P \geq 0.05$) ولی با دو تیمار دیگر تفاوت معنی‌داری داشت ($P < 0.05$). بیشترین میزان کلسیم خون

نتایج

فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب: پارامترهای کیفی آب (انحراف معیار ± میانگین) شامل دما، میزان اکسیژن محلول، pH و سختی آب در طول دوره پرورش به ترتیب ۲۳/۸ درجه سانتی‌گراد، ۶/۸ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود و به این ترتیب اختلاف معنی‌داری بین گروه‌ها مشاهده نشد ($P \geq 0.05$).

شاخص‌های رشد و تغذیه: بر طبق نتایج به دست آمده بیشترین وزن ثانویه در تیمار ۳ درصد MAP معادل $34/74 \pm 1/3$ به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد ($P < 0.05$). بیشترین میزان ضریب تبدیل غذایی FCR در تیمار ۰ درصد MAP و کمترین میزان این پارامتر در تیمار ۳ درصد MAP به دست آمد که از این لحاظ اختلاف معنی‌داری با سایر



نمودار ۳ تا ۵. کلسیم و فسفر و خاکستر استخوان بررسی شده گروه‌های مختلف را نشان می‌دهند که بیشترین میزان کلسیم استخوان در تیمار ۳ درصد MCP، بیشترین میزان فسفر در تیمار ۳ درصد MAP، حاصل شد و کمترین و بیشترین میزان خاکستر استخوان به ترتیب در تیمارهای ۱/۵ درصد MAP و ۳ درصد MAP مشاهده شد. حروف غیرمشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار بین گروه‌ها است.

در سالیان اخیر برای کاهش نیاز به پودر ماهی و جایگزین کردن بخشی از آن با منابع پروتئینی گیاهی در جیره غذایی آبزیان مطالعات زیادی انجام شده است (۱،۴،۱۷،۲۹،۳۳). از آنجایی که عمده فسفر موجود در منابع گیاهی برای ماهی غیرقابل مصرف می‌باشد، لزوم افزودن فسفر به جیره غذایی در آینده بیشتر هم

به دست آمده در تیمار ۳ درصد MCP به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمار کنترل نشان داد ($P < 0.05$). نتایج آنالیز فاکتورهای فسفر و کلسیم خون در نمودارهای ۱ و ۲ نشان داده شده‌اند.

نتایج آنالیز استخوان: بیشترین میزان کلسیم استخوان به دست آمده در تیمار ۳ درصد MCP معادل ۱/۶۸ درصد به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد ($P < 0.05$). کمترین میزان این پارامتر نیز مربوط به تیمار کنترل و ۱/۵ درصد MAP بود. این دو تیمار با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند ($P \geq 0.05$).

با بررسی نتایج کمترین میزان فسفر استخوان به دست آمده در تیمار کنترل مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد ($P < 0.05$). بیشترین میزان این پارامتر نیز مربوط به تیمار کنترل ۳ درصد MAP بود ($P < 0.05$).

کمترین و بیشترین میزان خاکستر استخوان به دست آمده به ترتیب در تیمارهای ۱/۵ درصد MAP و ۳ درصد MAP. مشاهده شد که هر دو تیمار از این جهات اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشتند ($P < 0.05$).

در کل بیشترین میزان وزن به دست آمده با اختلاف معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها در تیمار ۳ درصد MAP مشاهده شد و کمترین میزان این پارامتر در تیمار ۰/۷۵ درصد MAP. مشاهده شد که با تیمار ۱/۵ درصد MAP و ۱/۵ درصد MCP اختلاف معنی‌داری نداشت ($P \geq 0.05$).

بحث

با افزایش تقاضا برای غذای دریایی، آبرزی پروری به مهم‌ترین و سریع‌الرشدترین بخش برای تأمین غذای کره زمین تبدیل شده است. بالانس کردن جیره غذایی ماهی علی‌الخصوص ماهی کپور و کوی که وارسته‌ی زینتی ماهی کپور می‌باشد اهمیت بسیار زیادی دارد. یکی از کارهایی که برای افزایش جذب فسفر غذا در آبزیان انجام شده است، استفاده از آنزیم فیتاز به ویژه در منابع گیاهی بوده که در مطالعات بسیاری به آن پرداخته شده است (۶،۱۳،۲۰،۲۱،۲۲،۲۳). البته ذکر این نکته ضروری است که استفاده از آنزیم فیتاز در ماهیان بدون معده که pH دستگاه گوارش آن‌ها معمولاً بین ۶/۸ تا ۷/۳ می‌باشد اثر بسیار ناچیزی داشته است (۸،۹).

از مواد دیگری که در تأمین فسفر جیره در ماهی استفاده شده است، می‌توان به مونوپتاسیم فسفات نیز اشاره کرد. Yao و همکاران در سال ۲۰۱۴ سطوح مختلف این ماده را در تأمین فسفر مورد نیاز ماهی تیلاپیا پرورشی به کار گرفتند. اگر چه در این مطالعه اثبات شد که می‌توان از این ماده در تأمین فسفر جیره استفاده کرد اما برای دستیابی به مقدار قابل قبولی فسفر قابل دسترس برای ماهی، به افزودن حداقل ۴ درصد مونوپتاسیم فسفات نیاز است تا افزایش وزن و بهبود کیفیت لاشه را نسبت به گروه کنترل (بدون افزودن فسفر) شاهد باشیم. در حالی که در مطالعه حاضر با افزودن حتی ۰/۷۵ درصد از مکمل مونوآمونیم فسفات به جیره می‌توان تأثیر معنی‌داری بر فاکتورهای رشد مشاهده کرد (۳۵).

افزودن فسفر به جیره غذایی کپور ماهیان با توجه به ضعف این ماهی در جذب فسفر از پودر ماهی و همچنین غیرقابل دسترس بودن بخش اعظم فسفر ذخیره شده در منابع گیاهی به شکل فیتات، ضروری به نظر می‌رسد. نظر به اینکه افزودن بیش از حد فسفر علاوه بر تحمیل هزینه اضافی، پارامترهای کیفی آب را تحت تأثیر قرار می‌دهد و با توجه به نتایج به دست آمده از این مطالعه، افزودن ۱/۵ تا ۳ درصد مونوآمونیم فسفات به جیره غذایی عاری از فسفر در ماهی کوی پیشنهاد می‌گردد.

سپاسگزاری

نویسندگان از همکاری و حمایت‌های مالی شرکت ماکیان دارو ایران و آلیمفوس کشور هلند در اجرای این پژوهش تقدیر و تشکر به عمل می‌آورند.

تعارض منافع

بین نویسندگان تعارض در منافع گزارش نشده است.

خواهد شد. فسفر به شکل‌های مختلفی می‌تواند به جیره غذای ماهی افزوده شود و البته ذکر این نکته ضروری است که به منظور کاهش آلودگی آب می‌بایست میزان مورد نیاز مکمل‌های مختلف فسفر در گونه‌های ماهی به دقت تعیین شود تا همان‌طور که از اثرات سوء کمبود فسفر در جیره جلوگیری می‌کنیم، از مشکلات مرتبط با افزایش دفع فسفر در آب نیز در امان بمانیم.

Yoon و همکاران در سال ۲۰۱۴ از منیزیم هیدروژن فسفات یا همان دی منیزیم فسفات ($MgHPO_4$) برای تأمین فسفر در نوعی گربه ماهی استفاده کردند و اثر سطوح مختلف آن را بر رشد و بازدهی غذا امتحان کردند. نتایج این مطالعه مثبت ارزیابی شد و امکان جایگزین کردن منیزیم هیدروژن فسفات به جای مونوکلسیم فسفات پیشنهاد شد. در این مطالعه تغذیه ماهی‌ها با افزودن منیزیم هیدروژن فسفات به میزان ۲ درصد موجب افزایش وزن و پروتئین لاشه‌ی بیشتری نسبت به تغذیه با افزودن ۲ درصد مونوکلسیم فسفات شد که مانند مطالعه حاضر امکان جایگزینی مونوکلسیم فسفات با منابع فسفر دیگر مثبت ارزیابی شد (۳۶).

Yoon و همکاران در سال ۲۰۱۴ در مطالعه‌ای دیگر نیز از این ماده (MHP) برای تأمین فسفر در کپور معمولی در قیاس با دیگر افزودنی‌های شایع فسفر شامل مونوکلسیم فسفات (MAP)، دی کلسیم فسفات (DCP) و تری کلسیم فسفات (TCP) استفاده کردند. در این مطالعه که هر ۴ افزودنی به میزان ۲ درصد به جیره اضافه شد، مشخص شد ماهیان تغذیه شده با افزودن MCP و MHP فسفر بیشتری را در بدن خود احتباس می‌کنند. بهترین افزایش وزن و کمترین FCR نیز در این دو گروه مشاهده شد. فسفر سرم نیز در این مطالعه اندازه‌گیری شد و تفاوت معنی‌داری میان گروه‌های تغذیه شده با مکمل‌های فسفر نسبت به گروه شاهد مشاهده شد ($P < 0.05$) که با مطالعه حاضر شباهت دارد (۳۷).

References

1. Abdulrahman, N.M. (2014). Effect of replacing fishmeal with *Spirulina* spp. on carcass chemical composition of common carp *Cyprinus carpio* L. *Iraqi J Vet Sci*, 28, 67-70.
2. Åsgård, T., Shearer, K.D. (1997). The dietary phosphorus requirement of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) and its relationship to the phosphorus requirements reported for other fishes. *Aquac Nutr*, 3, 17-23. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2095.1997.00069.x>
3. Anton-Pardo, M., Hlavac, D., Masilko, J., Hartman, P., Adamek, Z. (2014). Natural diet of mirror and scaly carp (*Cyprinus carpio*) phenotypes in earth ponds. *Folia Zool*, 63, 229-237. <https://doi.org/10.25225/fozo.v63.i4.a1.2014>
4. Biswas, A., Araki, H., Sakata, T., Nakamori, T., Kato, K., Takii, K. (2017). Fish meal replacement by soy protein from soymilk in the diets of red sea bream (*Pagrus major*). *Aquac Nutr*, 23(6), 1379-1389. <https://doi.org/10.1111/anu.12513>
5. Boyd, C.E. (1971). Phosphorus dynamics in ponds. *Proc. Annu. Conf. S.E. Assoc. Game Fish Comm.*, 25, 418-426.
6. Bulbul, M., Kader, M.A., Ambak, M.A., Hossain, M.S., Ishikawa, M., Koshio, S. (2015). Effects of crystalline

- amino acids, phytase and fish soluble supplements in improving nutritive values of high plant protein based diets for kuruma shrimp, *Marsupenaeus japonicus*. *Aquaculture* 438, 98-104. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.01.007>
7. Bureau, D., Cho, C. (1999). Phosphorus utilization by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): estimation of dissolved phosphorus waste output. *Aquaculture*, 179, 127-140. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00157-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00157-X)
 8. Cao, L., Wang, W., Yang, C., Yang, Y., Diana, J., Yakupitiyage, A., Luo, Z., Li, D., (2007). Application of microbial phytase in fish feed. *Enzyme Microb Technol*, 40, 497-507. <https://doi.org/10.1016/j.enzymictec.2007.01.007>
 9. Castillo, S., Gatlin III, D. (2015). Dietary supplementation of exogenous carbohydrase enzymes in fish nutrition: A review. *Aquaculture* 435, 286-292. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.10.011>
 10. Cho, C.Y., Bureau, D.P. (1997). Reduction of waste output from salmonid aquaculture through feeds and feeding. *Progressive Fish Culturist*, 59, 155-160. [https://doi.org/10.1577/1548-8640\(1997\)059<0155:ROWOFS>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8640(1997)059<0155:ROWOFS>2.3.CO;2)
 11. García-Ortega, A., Kissinger, K.R., Trushenski, J.T. (2016). Evaluation of fish meal and fish oil replacement by soybean protein and algal meal from *Schizochytrium limacinum* in diets for giant grouper *Epinephelus lanceolatus*. *Aquaculture* 452, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.10.020>
 12. Hardy, R.W., Shearer, K.D. (1985). Effect of dietary calcium phosphate and zinc supplementation on whole body zinc concentration of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Can J Fish Aquat Sci* 42, 181-184. <https://doi.org/10.1139/f85-022>
 13. Hung, L.T., Thanh, N.T., Pham, M.A., Browdy, C.L. (2014). A comparison of the effect of dietary fungal phytase and dicalcium phosphate supplementation on growth performances, feed and phosphorus utilization of tra catfish juveniles (*Pangasiodon hypophthalmus* Sauvage, 1878). *Aquac Nutr* 21, 10-17. <https://doi.org/10.1111/anu.12134>
 14. Jahan, P., Watanabe, T., Satoh, S.H., Kiron, I. (2002). Different combinations of protein ingredients in carp diets for reducing phosphorus loading. *Fisheries Sci*, 68, 595-602. <https://doi.org/10.1046/j.1444-2906.2002.00466.x>
 15. Kaushik, S.J. (2001). Mineral nutrition. In: *Nutrition and Feeding of Fish and Crustaceans*. Guillaume, J., Kaushik, S, Bergot, P., Métailler, R. (eds). Praxis Publishing, Chichester, UK. p. 169-181.
 16. Ketola, H.G., Harland, B.F. (1993). Influence of phosphorus in rainbow trout diets on phosphorus discharges in effluent water. *Trans Am Fish Soc*, 122, 1120-1126. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1993\)122<1120:IOPIRT>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1993)122<1120:IOPIRT>2.3.CO;2)
 17. Kissinger, K.R., García-Ortega, A., Trushenski, J.T. (2016). Partial fish meal replacement by soy protein concentrate, squid and algal meals in low fish-oil diets containing *Schizochytrium limacinum* for longfin yellowtail *Seriola rivoliana*. *Aquaculture* 452, 37-44. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.10.022>
 18. Kuroki, T. (1981). The Latest "Manual to Nishikigoi". Shin-Nippon-Kyoiku-Tosho Co.; 1st edition, Japan. 213. ISBN:10:1904950507
 19. LeVan, S.L., Winandy J.E. (1990). Effects of fire retardant treatments on wood strength: A review. *Wood Fiber Sci*, 22(1), 113-131.
 20. Liu, L.W., Luo, Y.W., Hou, H.L., Pan, J., Zhang, W. (2013a). Partial replacement of monocalcium phosphate with neutral phytase in diets for grass carp, *Ctenopharyngodon idellus*. *J Appl Ichthyol* 29, 520-525. <https://doi.org/10.1111/jai.12021>
 21. Liu, L.W, Su, J.M., Zhang, T., Liang, X.F., Luo, Y.L. (2013b). Apparent digestibility of nutrients in grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) diet supplemented with graded levels of neutral phytase using pretreatment and spraying methods. *Aquacult Nutr* 19, 91-99. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2012.00942.x>
 22. Liu, L., Su, J., Liang, X.F, Luo, Y. (2013c). Growth performance, body lipid, brood amount, and rearing environment response to supplemental neutral phytase in zebrafish (*Danio rerio*) diet. *Zebrafish* 10(3), 433-438. <https://doi.org/10.1089/zeb.2012.0853>
 23. Liu, L., Zhou, Y., Wu, J., Zhang, W., Abbas, K., Fang, L.X., Luo, Y. (2014). Supplemental graded levels of neutral phytase using pretreatment and spraying methods in the diet of grass carp, *Ctenopharyngodon idellus*. *Aquac Res* 45, 1932-1941. <https://doi.org/10.1111/are.12145>
 24. Lovell, R.T. (1989). *Nutrition and Feeding of Fish*. Van. Nostrand Reinhold, New York, NY, USA. (1st ed.) ISBN: 978-1-4615-4909-3.
 25. Plaipetch, P., Yakupitiyage, A. (2014). Effect of replacing soybean meal with yeast-fermented canola meal on growth and nutrient retention of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus 1758). *Aquac Res*, 45, 1744-1753. <https://doi.org/10.1111/are.12119>
 26. Rahman, M.M., Noor, N.M., Saad, S., Yunus, K. (2016). Coastal water quality of Tioman Island: effects of human activity and the distance from shoreline. *Desalin Water Treat*, 57(1), 83-87. <https://doi.org/10.1080/19443994.2015.1006820>
 27. Rodehutsord, M., Gregus, Z., Pfeffer, E., (2000). Effect of phosphorus intake on faecal and non-faecal phosphorus excretion in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and the consequences for comparative phosphorus availability studies. *Aquaculture*, 188, 383-398. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(00\)00341-0](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(00)00341-0)
 28. Satoh, S., Viyakarn, V., Takeuchi, T., Watanabe, T. (1997). Availability of phosphorus in various phosphates to carp and rainbow trout determined by a simple fractionation method. *Fish Sci*, 63, 297-300. <https://doi.org/10.2331/fishsci.63.297>
 29. Shi, X., Luo, Z., Chen, F., Wei, C., Wu, K., Zhu, X., Liu, X. (2017). Effect of fish meal replacement by *Chlorella* meal with dietary cellulase addition on growth performance, digestive enzymatic activities, histology and myogenic genes' expression for crucian carp *Carassius auratus*. *Aquac Res*, 48, 3244-3256. <https://doi.org/10.1111/are.13154>
 30. Tacon A.G.J. (1990). The essential nutrients. In: *Standard Methods for the Nutrition and Feeding of Farmed Fish and Shrimp*, Vol. 1. Tacon, A.G.J. (ed.). Argent Laboratories Press, Redmond, WA, USA. p. 70-84.
 31. Wanatanbe, T., Satoh, S., Takeuchi, T. (1988). Availability of minerals in fishmeal to fish, *Asian Fish Sci*, 1, 175-179.
 32. Wiesmann, D., Scheid, H., Pfeffer, E. (1988). Water pollution with phosphorus of dietary origin by intensively fed rainbow trout (*Salmo gairdneri* Rich). *Aquaculture* 69, 263-270.
 33. Xie, S.W., Liu, Y.J., Zeng, S., Niu, J., Tian, L.X. (2016). Partial replacement of fish-meal by soy protein concentrate and soybean meal based protein blend for juvenile Pacific

- white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture 464, 296-302. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.07.002>
34. Yone, Y., Toshima, N. (1979). The utilization of phosphorus in fish meal by carp and black sea bream. Nippon Suisan Gakkaishi, 45, 753-756.
35. Yao, Y.F., Jiang, M., Wen, H., Wu, F., Liu, W., Tian, J., Yang, C.G. (2014). Dietary phosphorus requirement of GIFT strain of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* reared in freshwater. Aquac Nutr, 20, 273-280. <https://doi.org/10.1111/anu.12075>
36. Yoon, T.H., Lee, D.H., Won, S.G., Ra, C.S., Kim, J.D. (2014). Effects of Dietary Supplementation of Magnesium Hydrogen Phosphate ($MgHPO_4$) as an Alternative Phosphorus Source on Growth and Feed Utilization of Juvenile Far Eastern Catfish (*Silurus asotus*). Asian Australas J Anim Sci, 27(8), 1141-1149. <http://dx.doi.org/10.5713/ajas.2014.14079>
37. Yoon, T.H., Won, S., Lee, D.H., Choi, J.W., Ra, C.S., Kim, J.D. (2016). Effect of a new phosphorus source, magnesium hydrogen phosphate (MHP) on growth, utilization of phosphorus, and physiological responses in carp *Cyprinus carpio*. Fish Aquat Sci, 19(39), 1-9. <https://doi.org/10.1186/s41240-016-0038-4>



Effect of Monoammonium Phosphate on Some Blood Factors, Bone Analysis and Growth Rate of Ornamental Koi Fish (*Cyprinus carpio* Koi)

**Hooman Rahmati-Holasoo^{1,4}, Ali Hadadi², Hosseinali Ebrahimzadeh Mousavi¹,
Ali Taheri Mirghaed¹, Javad Sadeghinezhad³**

¹ Department of Aquatic Animal Health, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran, Iran

² Graduated from the Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran, Iran

³ Department of Basic Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran, Iran

⁴ Centre of Excellence for Warm Water Fish Health and Disease, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

doi: [10.22059/jvr.2019.287435.2964](https://doi.org/10.22059/jvr.2019.287435.2964)

Received: 16 May 2020, Accepted: 15 July 2020

Abstract

BACKGROUND: Balance in the amount of minerals in the aquatic animal's diet is very important. Phosphorus is one of the most important minerals in fish and aquatic animal's nutrition. Phosphorus is important not only for the proper growth and fish health, but also for excessive phosphorus excretion that may cause water pollution and algal bloom.

OBJECTIVE: In this study the effects of adding monoammonium phosphate in the diet of fish (*Cyprinus carpio* Koi) and its comparison with monocalcium phosphate were investigated.

METHODS: 650 koi fish weighing 17 g were distributed in 15 tanks (5 treatments - each in three replicates) and monoammonium phosphate-fed diets at three levels (0.75, 1.5 and 3% of the diet), monocalcium phosphate in one level (3% of the diet) and a control group (no phosphorus supplementation) were fed for 8 weeks.

RESULTS: Growth indices and feed conversion ratio in fish fed 3% monoammonium phosphate showed the best results. The control group showed the lowest weight gain and the highest feed conversion ratio. Blood phosphorus was also significantly correlated with increasing monoammonium phosphate. The highest level of calcium in the blood was observed in the group fed monocalcium phosphate (3%).

CONCLUSIONS: Considering the improvement of growth and nutrition indices, adding 1.5 to 3% monoammonium phosphate in the diet of koi fish was suggested.

Keywords: Monoammonium, Phosphate, Koi, Blood, Growth

Copyright © 2020. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution- 4.0 International License which permits Share, copy and redistribution of the material in any medium or format or adapt, remix, transform, and build upon the material for any purpose, even commercially.

Corresponding author's email: rahmatih@ut.ac.ir Tel/Fax: 021-61117194/021-66933222

How to cite this article:

Rahmati-Holasoo, H., Hadadi, A., Ebrahimzadeh Mousavi, H., Taheri Mirghaed, A., Sadeghinezhad, J. (2021). Effect of Monoammonium Phosphate on Some Blood Factors, Bone Analysis and Growth Rate of Ornamental Koi Fish (*Cyprinus carpio* Koi). J Vet Res, 75(4), 442-451. <https://doi.org/10.22059/jvr.2019.287435.2964>

Figure Legends and Table Captions

Table 1. Formulation and chemical proximate composition of the experimental diets (g kg⁻¹ dry matter).

Table 2. Total phosphorus and Available phosphorus (AP) of the experimental diets (g kg⁻¹ dry matter).

Table 3. Comparison of the effect of different diets with different amounts of MAP and MCP on growth and nutrition indices during experimental period (mean ± SD)

Figure 1 & 2. Analysis of phosphorus and calcium in serum showed the highest levels of phosphorus in the 3% MAP group and the highest calcium in the 3% MCP group.

Figure 3-5. Calcium, phosphorus and bone ash of different groups showed that the highest bone calcium was obtained in 3% MCP treatment, the highest phosphorus content in 3% MAP treatment, and the lowest and highest bone ash were obtained in 1.5% MAP and 3% MAP treatments, respectively.