"مقاله پژوهشی"

اثر مکمل معدنی Fish Phos بر شاخص‌های رشد و تغذیه بچه تاسماهی استرلیاد (*Acipenser ruthenus*)

بهرام فلاحتکار[1*]، حدیثه علیزاده[2]، مهدی رحمتی[3]

۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران
۲- گروه شیلات، دانشکده علوم دام و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۳- مرکز بازسازی و حفاظت از ذخایر ژنتیکی ماهیان دریایی شادروان دکتر یوسف‌پور، سیاهکل، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۲/۱۱

چکیده

در این مطالعه، تأثیر سطوح مختلف مکمل معدنی محلول Fish Phos (صفر، ۲، ۴ و ۸ میلی‌لیتر در کیلوگرم جیره) بر عملکرد رشد و تغذیه بچه تاسماهی استرلیاد (*Acipensr ruthenus*) مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور، تعداد ۳۶۰ قطعه بچه ماهی با میانگین وزن اولیه ۰/۲±۱۷/۱ گرم و طول کل ۰/۱± ۱۷/۳ سانتی‌متر (میانگین± انحراف معیار) به‌طور تصادفی در ۱۲ حوضچه بتونی گرد (با قطر ۱/۸۵ و عمق ۰/۲۵ متر) به تعداد ۳۰ عدد در هر کدام، در ۴ تیمار و با ۳ تکرار توزیع و به‌مدت ۸ هفته تغذیه شدند. نتایج اندازه‌گیری شاخص‌های رشد و تغذیه نشان داد که بیش‌ترین میزان ضریب تبدیل غذایی و همچنین شاخص تغذیه انتخابی در تیمار ۸ میلی‌لیتر در کیلوگرم مکمل معدنی مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد و سایر تیمارها داشت ($p<۰/۰۵$). بالاترین میزان بقا در تیمار شاهد و ۲ میلی‌لیتر در کیلوگرم مشاهده و با افزایش دوز مکمل از میزان بقا کاسته شد ($p<۰/۰۵$). در سایر پارامترها از جمله وزن نهایی، وزن کسب شده، درصد افزایش وزن بدن، نرخ رشد ویژه، میانگین رشد روزانه، فاکتور وضعیت و میزان مصرف غذا در بین تیمارها اختلافی مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). این مطالعه نشان داد ترکیب مذکور نتوانست اثر مثبتی بر شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای بچه ماهی استرلیاد در محدوده وزنی مورد نظر بگذارد و با افزایش دوز مصرف، میزان بقا نیز کاهش یافت. لذا استفاده از این مکمل در دوزهای پایین‌تر و مدت زمان طولانی‌تر و با ترکیبی کامل‌تر از سایر عناصر می‌تواند قابل توصیه باشد.

کلمات کلیدی: ماهیان خاویاری، استرلیاد، مواد معدنی، رشد، بازماندگی

* عهده‌دار مکاتبات: falahatkar@guilan.ac.ir m

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-842]

مقدمه

تمام آبزیان برای عملکردهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی و همچنین حفظ فرآیندهای طبیعی زندگی خود به مواد معدنی نیاز دارند. مواد معدنی توسط اجزای اصلی و ماهیت غیر آلی خود از سایر مواد مغذی تفکیک می‌شوند و بسیاری از این عناصر به‌دلیل وجود وظایف ساختاری و متابولیک در بدن موجودات، حائز اهمیت هستند (Davis and Gatlin, 1996). انجام فعالیت‌های پژوهشی در زمینه تغذیه ماهیان از اوایل دهه ۱۹۵۰ میلادی شتاب گرفت، در حالی‌که تحقیقات در مورد نیازهای مواد معدنی در جیره‌های غذایی ماهیان از اواسط دهه ۱۹۷۰ آغاز ولی تا به امروز با روند کندی رو به انجام است (Prabhu *et al*., 2014a). علاوه بر محدودیت دستیابی به اطلاعات در زمینه مواد معدنی مورد نیاز ماهیان و سخت‌پوستان در مقایسه با سایر گروه‌های تغذیه‌ای، اطلاعات اندکی در مورد نیازمندی‌های مواد معدنی گونه‌های آبزی در مقایسه با جانوران خشکی‌زی موجود است و دلیل این امر، جذب بسیاری این عناصر توسط ماهی از طریق آب و مواد غذایی است (Stickney, 2000). به‌طور کلی ارزیابی احتیاجات عناصر معدنی ماهیان برخلاف موجودات خشکی‌زی به‌دلیل تعاملات با محیط آبی بسیار پیچیده‌تر می‌باشد (Kaushik, 2002) و به همین دلیل تحقیقات محدودتری در این ارتباط در مقایسه با سایر مواد مغذی در آبزیان انجام شده است.

از جمله عواملی که در تغییر سطوح مواد معدنی جیره آبزیان دخیل هستند می‌توان به عوامل بیولوژیک مانند نوع گونه، مرحله زندگی، مرحله رسیدگی جنسی، سطوح تغذیه‌ای، عادات و وضعیت تغذیه‌ای، کارکرد تغذیه‌ای و علائم کمبود عناصر در بدن، ترکیبات جیره، دسترسی و برهم‌کنش‌های تغذیه‌ای و همچنین عوامل زیست محیطی مانند غلظت مواد در آب، شوری، دما، نوع سیستم پرورشی و سایر عوامل از قبیل محتوای مواد معدنی بدن، ثبات و تنظیم یونی، غلظت مواد در بافت، پلاسما، فعالیت آنزیم‌های مختلف ترشحات دفعی و حتی بیان ژن‌های مرتبط با عناصر معدنی مختلف اشاره نمود که هر کدام از آنها می‌توانند در تعیین سطوح این عناصر، موثر واقع شوند (Prahbu *et al*., 2014b). از تمام ۹۰ عنصر معدنی طبیعی، ۲۹ عنصر برای تمام موجودات پرورشی از جمله ماهیان ضروری در نظر گرفته می‌شوند (Lall, 2002)، اما تنها تعداد کمی از آنها در ماهیان مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. دسته‌بندی این عناصر بر اساس ضرورت یا عدم ضرورت، نیازمندی‌ها یا مقادیر آنها در بدن، به‌صورت ماکرو و یا میکرو مطرح شده است. عناصر معدنی ماکرو شامل کلسیم، پتاسیم، منیزیم، سدیم و فسفر و عناصر معدنی میکرو شامل مس، آهن، ید، منگنز، سلنیوم و روی هستند (NRC, 2011).

تاسماهی استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) یکی از گونه‌های با ارزش خانواده تاسماهیان و کوچک‌ترین گونه این خانواده محسوب می‌گردد. این ماهی یک گونه آب شیرین و پوتامودروموس است. زندگی استرلیاد شبیه ماهیان رودخانه‌ای است و تفاوت آن با ماهی‌های خاویاری دیگر عدم انجام مهاجرت‌های طولانی در رودخانه و دریا است. زیستگاه اصلی استرلیاد رودخانه ولگا می‌باشد (Holčik, 1989). حداکثر طول و وزن این ماهی به‌ترتیب تا ۱۰۰ سانتی‌متر و ۴ کیلوگرم می‌رسد. در سال‌های اخیر به‌دلیل آسیب دیدن محل‌های تخم‌ریزی مولدین در رودخانه‌ها جمعیت این ماهی به‌شدت کاهش یافته است

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-842]

(Peterson *et al*., 2006; Friedrich *et al*., 2019). تاسماهی استرلیاد به‌سبب قابلیت زندگی در آب شیرین، مقاوم بودن در برابر تغییرات شرایط محیط زیست، سازگاری با دماهای پایین، پذیرش طیف وسیعی از مواد غذایی و استعداد رشد فراوان در شرایط مطلوب همواره مورد توجه پرورش‌دهندگان بوده است (عبدالله پور و همکاران، ۱۴۰۱). ماهیان خاویاری به‌دلیل داشتن گوشت بدون استخوان و خاویار با ارزش مورد توجه بسیاری از پرورش دهندگان قرار گرفته‌اند (سلحشوری و همکاران، ۱۳۹۶). علی‌رغم توسعه پرورش ماهیان خاویاری، هنوز اطلاعات کمی در مورد نیازهای تغذیه‌ای این ماهیان وجود دارد (Hung, 2017). چنین اطلاعاتی برای موفقیت در پرورش این گونه‌ها ضروری است.

مواد معدنی در متابولیسم بهینه غذا، افزایش مقاومت استخوان‌ها، توازن در تبادل آب با محیط و حضور در مایعات بدن ایفای نقش می‌کنند (مرتضایی و فلاحتکار، ۱۳۹۶). این مواد هرچند به‌میزان اندک، اما در تداوم حیات موجود ضروری بوده، در غیر این‌صورت سلامتی ماهی به خطر می‌افتد. از جمله عواملی که در افزایش تولیدات آبزی پروری این گونه‌ها نقش بسزایی دارد، کمیت و کیفیت عناصر مغذی تشکیل دهنده آن می‌باشد. توجه به نیازمندی‌های مواد معدنی ماکرو و میکرو در کنار سایر اجزای جیره غذایی، می‌تواند منجر به تولید محصولی با کیفیت بالاتر و به‌دنبال آن سودآوری بیش‌تر شود (Chebanov and Billard, 2001). نظر به اهمیت بهینه‌سازی جیره تاسماهیان در بخش‌های مختلف از جمله عناصر معدنی و ذکر این نکته که تاکنون مطالعه جامعی در ارتباط با تعیین سطح مناسب مجموعه‌ای از عناصر معدنی در این ماهیان انجام نشده است، این مطالعه با هدف تعیین سطح مطلوب مکمل معدنی محلول Fish Phos در جیره غذایی بچه تاسماهی استرلیاد به‌عنوان یک ماهی مدل از خانواده تاسماهیان و تأثیر آن بر پارامترهای رشد و تغذیه‌ای انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

ماهی و شرایط پرورش

این مطالعه طی ماه‌های مهر لغایت آبان ۱۴۰۱ در مرکز بازسازی و حفاظت از ذخایر ژنتیکی ماهیان دریایی شادروان دکتر یوسف‌پور (سیاهکل، گیلان)، به‌مدت ۸ هفته انجام شد. بدین منظور، تعداد ۳۶۰ قطعه بچه تاسماهی استرلیاد با میانگین وزن اولیه ۰/۲±۱۷/۱ گرم (میانگین ± انحراف معیار) و طول کل ۰/۱±۱۷/۳ سانتی‌متر به‌طور تصادفی در ۱۲ حوضچه بتونی گرد (با قطر ۱/۸۵ و عمق ۰/۲۵ متر) به تعداد ۳۰ عدد در هر کدام توزیع و به‌مدت ۸ هفته تغذیه شدند. آب مورد نیاز از رودخانه خرارود تأمین و به‌صورت ثقلی وارد حوضچه‌ها می‌شد. طی انجام پژوهش، دبی آب ورودی به مخازن پرورشی به‌طور متوسط ۱/۳۵±۱۰/۷۲ لیتر در دقیقه بود. در طول دوره پرورش پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب شامل دما، اکسیژن محلول و pH به‌ترتیب ۱/۹۸ ± ۲۱/۵۰ درجه سانتی‌گراد، ۱/۲۳±۸/۱۳ میلی‌گرم در لیتر و ۰/۴۲ ± ۷/۹ بود. شایان ذکر است ماهیان طی انجام آزمایش در یک فضای مسقف و با شرایط نوری ۱۱ ساعت روشنایی و ۱۳ ساعت تاریکی نگه‌داری شدند. روزانه قبل از اولین غذادهی، ۲۵-۲۰٪ از آب حوضچه‌ها جهت خارج کردن فضولات و بقایای غذا سیفون می‌شدند. تلفات احتمالی به‌صورت روزانه با بررسی حوضچه‌ها، ثبت می‌شد.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-842]

طراحی آزمایش و تغذیه

در این مطالعه از ۴ تیمار تغذیه‌ای و برای هر تیمار ۳ تکرار با سطوح افزودنی صفر، ۲، ۴ و ۸ میلی‌لیتر مکمل معدنی Fish Phos (Artimon, Plerin, France) به‌ازای هر کیلوگرم خوراک استفاده و به‌صورت محلول اسپری و جهت جلوگیری از آبشویی با ژلاتین ۰/۵٪ پوشش داده شد (Nesheim *et al*., 1993; Yammamoto and Akiyama, 1995). خوراک‌ها تا ۲۴ ساعت در دمای اتاق خشک و سپس بسته‌بندی و در دمای ۱۴ درجه سانتی‌گراد تا زمان مصرف نگه‌داری شدند. مکمل مذکور شامل ۵۲/۳ گرم کلرید کلسیم، ۵۰ گرم دی سدیم فسفات، ۳۶۲/۴ گرم اسید فسفریک، ۱۸۵ گرم کلرید منیزیم، ۹/۳۷ گرم کلرید منگنز، ۴/۶۸ گرم کلرید روی، ۷/۳ گرم کلروفریک، ۱/۴ گرم کلرید مس، ۱۰۲/۴ گرم فسفر، ۱۳/۵ گرم کلسیم، ۲۰۰/۲ گرم منیزیم، ۲۴۲۲ میلی‌گرم منگنز، ۲۰۲۶ میلی‌گرم روی، ۱۴۰۴ میلی‌گرم آهن و ۴۹۱ میلی‌گرم مس در هر لیتر بود. خوراک مورد استفاده از شرکت اوان دانه (بهشهر، مازندران، ایران) با قطر ۲ میلی‌متر تهیه شد. غذادهی به ماهیان بر اساس اشتها به‌صورت دستی و روزانه در سه نوبت ساعات (۹:۰۰، ۱۲:۰۰ و ۱۵:۰۰) صورت گرفت.

اندازه‌گیری شاخص‌های رشد

در ابتدا و در طول مدت ۸ هفته آزمایش، هر ۲ هفته یکبار زیست‌سنجی تمام ماهیان انجام شد، بدین صورت‌که ۲۴ ساعت قبل از زیست‌سنجی غذادهی قطع می‌شد تا دستگاه گوارش ماهیان تخلیه شود. سپس ماهیان موجود در هر حوضچه با احتیاط توسط ساچوک صید می‌شدند و به‌منظور کاهش استرس با استفاده از عصاره پودر گل میخک (دوز ۳۰۰ ppm) (فلاحتکار و همکاران، ۱۳۸۵) بیهوش و زیست‌سنجی صورت می‌گرفت. برای اندازه‌گیری وزن و طول کل هر ماهی به‌ترتیب از ترازوی دیجیتالی با دقت ۱ گرم و تخته زیست‌سنجی با دقت ۱ میلی‌لیتر استفاده شد. در پایان آزمایش به‌منظور بررسی عملکرد رشد و کارایی غذایی تیمارهای مختلف، شاخص‌های وزن نهایی (FW)، وزن کسب شده (WG)، درصد افزایش وزن (BWI)، نرخ رشد ویژه (SGR)، میانگین رشد روزانه (ADG)، فاکتور وضعیت (CF)، میزان مصرف غذا (FI)، ضریب تبدیل غذایی (FCR)، شاخص تغذیه انتخابی (VFI) و نرخ بقا (SR) اندازه‌گیری و از طریق روابط زیر محاسبه شدند (فلاحتکار، ۱۳۹۳):

WG (g) = وزن نهایی (گرم) – وزن اولیه (گرم)

BWI (%) = [(وزن نهایی (گرم) – وزن اولیه (گرم)) / وزن اولیه (گرم)] × ۱۰۰

SGR (%/day) = [(Ln وزن نهایی (گرم) – Ln وزن اولیه (گرم)) / طول دوره پرورش (روز)] × ۱۰۰

ADG (%/day) = [(میانگین وزن نهایی (گرم) – میانگین وزن اولیه (گرم)) / طول دوره پرورش (روز)] × ۱۰۰

CF = [وزن ماهی (گرم) / (طول کل[۳] (سانتی‌متر)] × ۱۰۰

FI (g/fish) = کل غذای مصرفی در طول دوره / تعداد ماهی

FCR = مقدار غذای مصرفی (گرم) / وزن تر به‌دست آمده (گرم)

VFI (%/day) = [غذای مصرف شده (گرم) / (دوره پرورش (روز) × [(بیومس اولیه (گرم) + بیومس نهایی (گرم)) / ۲] ×۱۰۰

SR (%) = [تعداد ماهیان در انتهای دوره / تعداد ماهیان در ابتدای دوره] ×۱۰۰

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

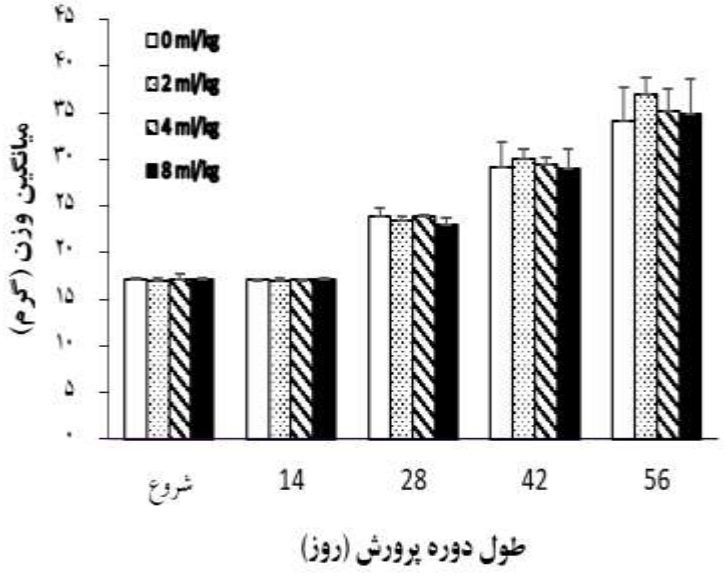
[DOI: 10.71901/jad-2024-1-842]

تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای بررسی آماری داده‌ها از نرم‌افزار SPSS (IBM SPSS Statistics V22, Armonk, USA) استفاده شد. جهت کنترل نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov) و برای کنترل همگنی واریانس‌ها از آزمون لون (Levene) استفاده شد. سپس برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) و برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (Duncan) با درصد خطای ۵ درصد استفاده شد.

نتایج

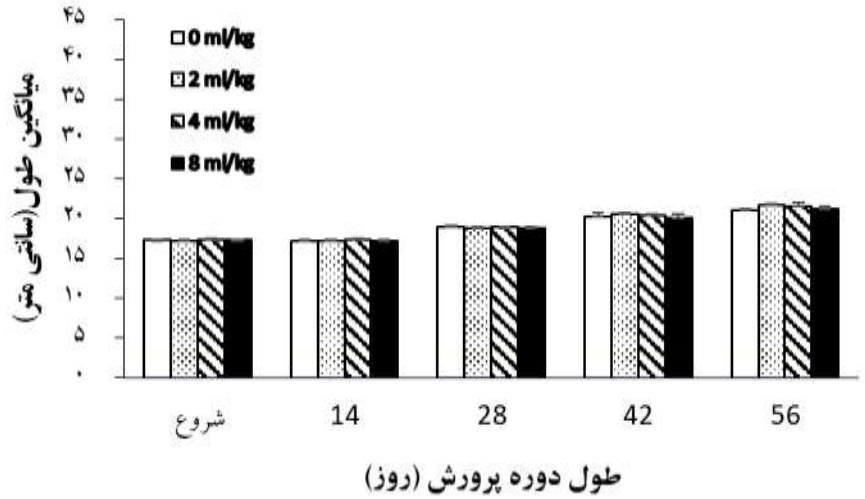
پس از ۸ هفته پرورش، نتایج شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای که در جدول ۱ آورده شده است، نشان داد افزودن مکمل معدنی Fish Phos با سطوح ذکر شده در جیره غذایی بچه تاسماهیان استرلیاد تأثیر معناداری بر وزن نهایی، وزن کسب شده، درصد افزایش وزن بدن، نرخ رشد ویژه، میانگین رشد روزانه، فاکتور وضعیت و میزان مصرف غذا نداشت ($p>0/05$). با این‌حال، بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار عددی وزن نهایی، درصد افزایش وزن، نرخ رشد ویژه و میانگین رشد روزانه به ترتیب در تیمارهای ۲ و ۴ میلی‌لیتر در کیلوگرم مکمل معدنی مشاهده شد. بیش‌ترین میزان ضریب تبدیل غذایی و همچنین شاخص تغذیه انتخابی در تیمار ۸ میلی‌لیتر در کیلوگرم مکمل معدنی مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد و سایر تیمارها داشت ($p<0/05$). بالاترین میزان بقا در تیمار شاهد و ۲ میلی‌لیتر در کیلوگرم مشاهده شد و با افزایش دوز مکمل از میزان بقا کاسته شد ($p<0/05$). روند رشد وزنی و طولی بچه تاسماهیان استرلیاد تغذیه شده با سطوح مختلف مکمل معدنی Fish Phos که به‌ترتیب در شکل ۱ و ۲ آورده شده است نیز حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار در این شاخص‌ها در طول دوره آزمایش ۸ هفته‌ای بود.



شکل ۱: روند رشد وزنی بچه تاسماهی استرلیاد تغذیه شده با سطوح مختلف مکمل معدنی Fish Phos

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-842]



شکل ۲: روند رشد طولی بچه تاسماهی استرلیاد تغذیه شده با سطوح مختلف مکمل معدنی Fish Phos

جدول ۱: عملکرد رشد و کارایی غذایی بچه تاسماهی استرلیاد تغذیه شده با سطوح مختلف مکمل معدنی Fish Phos پس از ۸ هفته غذادهی (میانگین± انحراف معیار).

شاخص‌های رشد و تغذیه	سطوح مختلف مکمل معدنی Fish Phos (میلی‌لیتر/کیلوگرم جیره)			
	صفر	۲	۴	۸
وزن اولیه (g)	۱۷/۱ ± ۰/۰۸	۱۶/۹۶ ± ۰/۲۹	۱۷/۱۵ ± ۰/۰۲	۱۷/۱۱ ± ۰/۰۹
وزن نهایی (g)	۳۸/۴۶ ± ۴/۳۲	۳۹/۸۵ ± ۱/۵۰	۳۸/۳۲ ± ۰/۸۲	۳۸/۳۶ ± ۴/۱۶
وزن کسب شده (g)	۲۱/۳۶ ± ۳/۴	۲۲/۸۸ ± ۱/۷۱	۲۱/۱۷ ± ۰/۸۵	۲۱/۲۵ ± ۴/۰۸
درصد افزایش وزن بدن	۱۲۴/۹ ± ۲۴/۹۷	۱۳۵/۰۲ ± ۱۱/۹۲	۱۲۳/۴۶ ± ۵/۱۳	۱۲۴/۱۴ ± ۲۳/۲۶
طول اولیه (cm)	۱۷/۲۸ ± ۰/۰۸	۱۷/۲۱ ± ۰/۰۸	۱۷/۳۳ ± ۰/۱۷	۱۷/۳ ± ۰/۰۵
طول نهایی (cm)	۲۲/۰۵ ± ۰/۸۷	۲۲/۴۶ ± ۰/۳۶	۲۲/۱۶ ± ۰/۲۵	۲۲/۰۳ ± ۰/۴۹
نرخ رشد ویژه (%/day)	۱/۴۹ ± ۰/۲	۱/۵۸ ± ۰/۰۹	۱/۴۸ ± ۰/۰۴	۱/۴۸ ± ۰/۱۹
میانگین رشد روزانه (%/day)	۳۹/۵۵ ± ۷/۹۶	۴۲/۳۸ ± ۳/۱۷	۳۹/۲۱ ± ۱/۵۷	۳۹/۳۶ ± ۷/۵۵
فاکتور وضعیت	۰/۳۵ ± ۰/۰۰	۰/۳۵ ± ۰/۰۰	۰/۳۵ ± ۰/۰۰	۰/۳۵ ± ۰/۰۱
میزان مصرف غذا (g/fish)	۴۶/۷ ± ۰/۲۷	۴۶/۶۳ ± ۰/۱۱	۴۷/۳۷ ± ۱/۱۱	۴۷/۴۸ ± ۰/۴۴
ضریب تبدیل غذایی	۲/۶۷ ± ۰/۵۰^{b}	۲/۴۴ ± ۰/۱۷^{ab}	۲/۸۵ ± ۰/۱۰^{ab}	۳/۵ ± ۰/۶۸^{a}
شاخص تغذیه انتخابی (%/day)	۳/۵۹ ± ۰/۳۰^{b}	۳/۵۰ ± ۰/۰۸^{b}	۳/۸۲ ± ۰/۰۶^{b}	۴/۴۱ ± ۰/۴۰^{a}
نرخ بازماندگی (%)	۸۱/۱۱ ± ۳/۸۴^{a}	۸۱/۱۱ ± ۳/۸۴^{a}	۷۵/۰۰ ± ۲/۳۵^{ab}	۶۰/۰۰ ± ۸/۸۱^{b}

حروف انگلیسی غیر مشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار است ($p < ۰/۰۵$).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-842]

بحث

مطالعه حاضر به‌منظور بررسی اثر مکمل معدنی Fish Phos بر عملکرد رشد و تغذیه بچه تاسماهیان استرلیاد انجام شد. متأسفانه اطلاعات کمی در ارتباط با رشد ماهیان خاویاری تغذیه شده با مکمل‌های معدنی در دسترس است. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که سطوح استفاده شده مکمل معدنی Fish Phos نه‌تنها اثر مثبتی بر پارامترهای رشد و تغذیه بچه تاسماهیان استرلیاد نداشت، بلکه با افزایش دوز از میزان بقا نیز کاسته شد. مکمل معدنی مذکور شامل ترکیبات مختلفی از عناصر معدنی مانند کلسیم، فسفر، منیزیم، منگنز، روی، آهن و مس بود. بنابراین، به‌دنبال افزایش سطح مکمل در خوراک، این احتمال وجود دارد که غلظت تمام این عناصر معدنی افزایش یافته باشد و سبب بروز اثرات منفی دوزهای بالای هر عنصر و یا اثرات متقابل آنها بر یکدیگر شده باشد.

عدم تأثیر مکمل معدنی بر رشد و بازماندگی بچه تاسماهیان استرلیاد با برخی از مطالعات قابل قیاس بود. به‌عنوان مثال، اثر مکمل فیتاز، فسفر و منیزیم در جیره‌های سویا سبب بهبود رشد و راندمان خوراک بچه تاسماهیان ایرانی (*Acipenser persicus*) نشد (Imanpoor and Bagheri, 2011). همچنین استفاده از مکمل معدنی آلی Bioplex-Tr-Se-Peixe حاوی آهن، روی، منگنز، مس و سلنیوم در سطوح نسبی افزایشی ۲۵٪، ۵۰٪، ۷۵٪ و ۱۰۰٪ در جیره‌ای که با مواد نیمه خالص فاقد مواد معدنی برای بچه ماهیان تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) فرموله شده بود، تأثیری بر رشد، ضریب تبدیل غذایی، بقا و ترکیب بدن نداشت (Pierri *et al*., 2020).

از سویی، گزارش‌هایی نیز وجود دارد که نشان می‌دهند افزودن مواد معدنی به جیره سبب بهبود شاخص‌های رشد و تغذیه و همچنین افزایش بازماندگی شده است. به‌عنوان مثال، افزودن مخلوط مواد معدنی در جیره کپورماهیانی مانند کاتلا (*Catla catla*)، روهو (*Labeo rohita*)، مریگال (*Cirrhinus cirrhosus*)، کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، کپور علفخوار (*Ctenopharyngodon idella*) و کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) در سیستم پرورش پلی‌کالچر سبب بهبود قابل توجهی در افزایش وزن روزانه، ضریب تبدیل خوراک، راندمان تبدیل خوراک و بقا شد (Kumar *et al*., 2019). همچنین برخی محققان گزارش کرده‌اند که افزودن ۲٪ ترکیب مواد معدنی به خوراک سبب بهبود رشد و میزان بازماندگی بچه ماهیان انگشت قد کپور ماهیان هندی می‌شود (Azim *et al*., 2002; Islam *et al*., 2008).

Song و همکاران (۲۰۲۳) اثر جیره حاوی فسفر را بر رشد و کارایی خوراک خیار دریایی (*Apostichopus japonicus*) بررسی و اظهار کردند که میزان بازماندگی در تمام تیمارها یکسان بود ولی شاخص‌هایی از جمله وزن نهایی، وزن به‌دست آمده و نرخ رشد ویژه به‌طور معناداری با افزایش سطح فسفر از ۰/۲۴٪ تا ۰/۶۲٪ افزایش و پس از آن کاهش یافت. آنها بیان کردند که کمبود یا وجود بیش از حد فسفر می‌تواند مانع رشد خیار دریایی شود. چنین نتیجه‌ای در مطالعه بر روی میگوی ببری سیاه (*Penaeus monodon*) نیز گزارش شده است (Ambasankar *et al*., 2006). Mir Rasekhian و همکاران (۲۰۲۲) نیز گزارش کردند که سطوح مختلف منیزیم تنها تا دوز ۵۹۲ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره توانست سبب افزایش عملکرد رشد و پاسخ ایمنی در تاسماهی ایرانی شود، اما

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-842]

در سطوح بالاتر کاهش یافت. همچنین استفاده از سطوح مختلف منیزیم در جیره بچه ماهیان هیبرید خاویاری (تاسماهی آمور ماده *Acipenser schrenckii* × تاسماهی سیبری نر *Acipenser baerii*) اثر معناداری بر عملکرد رشد نداشت (Zhang *et al*., 2021). در همین راستا، در مطالعاتی استفاده از سلنیوم در جیره بچه فیل ماهیان در دوزهای بالاتر از ۲۴/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره (Safarbakhsh et al., 2020)، تاسماهی سفید (*Acipenser transmontanus*) و تاسماهی سبز (*Acipenser medirostris*) به‌ترتیب در دوزهای بیش از ۵۰ و ۴۱/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره (Tashijian *et al*., 2006; De Riu *et al*., 2014) سبب کاهش قابل توجه رشد ماهیان شد. همچنین، Arshad و همکاران (۲۰۱۱) بیش‌ترین افزایش وزن را در بچه فیل ماهیان تغذیه شده با ۲۰/۲۶ میکروگرم سلنیوم در هر گرم خوراک مشاهده کردند و اعلام نمودند که در ماهیان تغذیه شده با سطوح بالاتر سلنیوم، رشد کاهش یافت. دلیل توضیحی این محققان نیاز به انرژی بالا برای تطابق و مقابله با سمیت سلنیوم در دوزهای بالاتر از محدوده مناسب بود.

اثر مکمل‌های حاوی مواد معدنی بر عملکرد رشد، تغذیه و بازماندگی بسته به نوع گونه، سن، شرایط پرورش و ترکیب خوراک متفاوت است. عدم تأثیر مثبت مکمل معدنی Fish Phos بر شاخص‌های رشد و بازماندگی بچه تاسماهی استرلیاد ممکن است به‌دلیل ترکیب خوراک مورد استفاده باشد که دسترسی زیستی به مواد معدنی را محدود ساخته است. به‌عنوان مثال، عملکرد رشد ماهیانی که با جیره غذایی حاوی سویا تغذیه شده بودند به‌دلیل عوامل متعددی از جمله کاهش دسترسی به مواد معدنی، قابلیت هضم پروتئین و در نهایت کاهش جذب مواد مغذی، کاهش یافت (Francis *et al*., 2001; Sajjadi and Carter, 2004). همچنین کاهش قابلیت هضم پروتئین و تا حدی کاهش دسترسی زیستی به روی منجر به کاهش رشد قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) (Spinelli *et al*., 1983) و ماهی آزاد چینوک (*Oncorhynchus tshawtscha*) (Richardson *et al*., 1985) شد. عوامل اصلی موثر بر دسترسی زیستی شامل سطوح مکمل و منابع شیمیایی و اشکال مواد معدنی، اثرات متقابل مواد مغذی، شرایط فیزیولوژیک و پاتولوژیک جانور آبزی و غلظت مواد معدنی موجود در آب است (Lall, 2002). در میان این عوامل، منابع و اشکال شیمیایی مهم‌ترین هستند (Lall, 2002; NRC, 2011). گزارش شده است که مواد نامحلول و غیر قابل جذبی که از این طریق در دستگاه گوارش حیوانات تشکیل می‌شود ممکن است از جذب، انتقال و متابولیسم عنصر معدنی جلوگیری کند (Watanabe *et al*., 1997).

در مطالعه حاضر، با افزایش سطح مکمل معدنی از میزان بقا کاسته شد. این امر ممکن است بدین دلیل باشد که سطوح مورد استفاده در این مطالعه بیش از حد نیاز بچه تاسماهیان استرلیاد بوده و به‌جای بهبود عملکرد، سبب تحریک و تضعیف سیستم ایمنی، عدم تعادل یونی و کاهش بقا شده است. اگر میزان مواد معدنی موجود در خوراک بیش از حد باشد، آسیب ناشی از آن حتی بیش‌تر از زمانی است که ماهی با کمبود مواد معدنی مواجه است (Watanabe *et al*., 1997). به‌عنوان مثال، گزارش شده است که آهن اضافی به‌دلیل توانایی در کاتالیز کردن تولید رادیکال‌های آزاد و آسیب رساندن به ماکرومولکول‌های سلولی می‌تواند سمی باشد (Valko *et al*., 2006;

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-842]

Gkouvatsos *et al*., 2012). همچنین محققان اظهار کرده‌اند که مسمومیت مس در جیره غذایی می‌تواند باعث کاهش متابولیک مانند مهار هضم آنزیمی و کاهش حرکات روده شود (Bury *et al*., 2003).

تاکنون مطالعات بسیار محدودی در خصوص تعیین نیازمندی‌های تاسماهیان به عناصر معدنی انجام شده است (Tashijian et al., 2006; Imanpour *et al*., 2011; De Riu et al., 2014; Moazenzadeh *et al*., 2020; Safarbakhsh et al., 2020; Zhang *et al*., 2021; Mir Rasekhian *et al*., 2022). این درحالی است که یک موجود به مجموعه‌ای از عناصر مختلف برای رشد مطلوب و عملکردهای بهینه فیزیولوژیک و حفظ تعادل نیاز دارد. با این وجود، مطالعه بر روی تک تک عناصر مورد نیاز در هر مرحله از رشد و برهم کنش‌های مثبت یا منفی هر یک از این عناصر در مطالعات مختلف آتی باید مدنظر محققان قرار گیرد. نتایج مطالعه حاضر حاکی از آن است که استفاده از مکمل معدنی محلول Fish Phos در سطوح ذکر شده اثر مثبتی بر شاخص‌های رشد و تغذیه و همچنین بازماندگی بچه تاسماهیان استرلیاد نداشت. لذا استفاده از این مکمل در دوزهای پایین‌تر و مدت زمان طولانی‌تر و ساخت ترکیب کاملی از عناصر معدنی به‌عنوان مکمل بر اساس نیازمندی‌های ماهیان خاویاری قابل توصیه می‌باشد. علاوه بر این، جهت تعیین دوز بهینه مکمل‌ها برای هر مرحله از زندگی ماهیان خاویاری به مطالعات بیش‌تری نیاز است.

سپاسگزاری

بدین وسیله از همکاری و زحمات بی‌دریغ دوستان گرامی، آقایان مهندس مکنت‌خواه، مهندس قربان‌نیا و مهندس رسولی و تمامی کارکنان مرکز تکثیر و بازسازی ذخایر ژنتیکی ماهیان دریایی شادروان دکتر یوسف‌پور کمال تشکر را داریم.

منابع

۱. سلحشوری، ا.، فلاحتکار، ب.، عفت پناه، ا.، ۱۳۹۶. تأثیر سطوح پروتئین جیره بر عملکرد رشد و شاخص‌های خونی بچه فیل ماهیان (*Huso huso*). نشریه توسعه آبزی پروری، ۱۱(۱)، ۶۲-۵۱.

۲. عبدالله پور، ح.، فلاحتکار، ب.، عفت پناه، ا.، مکنت‌خواه، ب.، ۱۴۰۱. اثر تزریق هورمون تیروکسین بر عملکرد رشد و پارامترهای خونی مولدین ماده استرلیاد (*Acipenser ruthenus*). نشریه توسعه آبزی پروری، ۱۶(۱)، ۸۳-۶۷.

۳. فلاحتکار، ب.، ۱۳۹۳. تغذیه و جیره نویسی آبزیان. انتشارات موسسه آموزش عالی علمی کاربردی جهاد کشاورزی، تهران. ۳۳۴ ص.

۴. فلاحتکار، ب.، سلطانی، م.، ابطحی، ب.، کلباسی، م.، پورکاظمی، م.، یاسمی، م.، ۱۳۸۵. تأثیر ویتامین C بر برخی پارامترهای رشد، نرخ بازماندگی و شاخص کبدی در فیل ماهیان (*Huso huso*) جوان پرورشی. مجله پژوهش و سازندگی در امور دام و آبزیان، ۷۲، ۱۰۳-۹۸.

۵. مرتضایی، ف.، فلاحتکار، ب.، ۱۳۹۶. مروری بر نیازمندی‌های مواد معدنی در تغذیه ماهی قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*). فصلنامه علوم آبزی پروری پیشرفته، ۱(۲)، ۵۸-۴۳.

6. Ambasankar, K., Ali, S.A., Dayal, J.S., 2006. Effect of dietary phosphorus on growth and its excretion in tiger shrimp *Penaeus monodon*. Asian Fisheries Science, 19, 21-26.
7. Arshad, U., Takami, G.A., Sadeghi, M., Bai, S., Pourali, H.R., Lee, S., 2011.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-842]

Influence of dietary l-selenomethionine exposure on growth and survival of juvenile *Huso huso*. Journal of Applied Ichthyology, 27, 761-765.
8. Azim, M.E., Verdegem, M.C.J., Rahman, M.M., Wahab, M.A., Dam, A.A.V., Beveridge, M.C.M., 2002. Evaluation of polyculture of Indian major carps in periphyton-based ponds. Aquaculture, 213, 131-149.
9. Bury, N.R., Walker, P.A., Glover, C.N., 2003. Nutritive metal uptake in teleost fish. Journal of Experimental Biology, 206, 11-23.
10. Chebanov, M., Billard, R., 2001. The culture of sturgeons in Russia: production of juveniles for stocking and meat for human. Aquatic Living Resources, 14, 375-388.
11. Davis, D.A., Gatlin, D.M., 1996. Dietary mineral requirements of fish and marine crustaceans. Fisheries Science, 4, 75-99.
12. De Riu, N., Lee, J.W., Huang, S.Y., Moniello, G., Hung, S.S.O., 2014. Effect of dietary selenomethionine on growth performance tissue burden, and histopathology in green and white sturgeon. Aquatic Toxicology, 148, 65-73.
13. Francis, G., Makkar, H.P.S., Becker, K., 2001. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. Aquaculture, 199, 197-227.
14. Freidrich, T., Reinartz, R., Gessner, J., 2019. Sturgeon re-introduction in the Upper and Middle Danube River Basin. Journal of Applied Ichthyology, 35, 1059-1068.
15. Gkouvatsos, K., Papanikolaou, G., Pantopoulos, K., 2012. Regulation of iron transport and the role of transferrin. Biochimica et Biophysica Acta-General Subjects, 1820, 188-202.
16. Holčik J., 1989. The Freshwater Fishes of Europe. Wiesbaden. AULA-Verlag GmbH, Wiesbaden, Germany. pp: 263-284.
17. Hung, S.S.O., 2017. Recent advances in sturgeon nutrition. Animal Nutrition, 3, 191-204.
18. Imanpoor, M.R., Bagheri, T., 2011. Effect of replacing fish meal by soybean meal along with supplementing phosphorus and magnesium in diet on growth performance of Persian sturgeon, *Acipenser persicus*. Fish Physiology and Biochemistry, 38, 521-528.
19. Islam, M.S., Huq, K.A., Rahman, M.A., 2008. Polyculture of Thai pangus (*Pangasius hypophthalmus*, Sauvage 1878) with carp and prawn: a new approach in polyculture technology regarding growth performance and economic returns. Aquaculture Research, 39, 1620-1627.
20. Kaushik, S., 2002. Mineral Nutrition. In: Guillaume, J., Kaushik, S., Bergot, P., Metailler, R. (Eds). Nutrition and Feeding of Fish and Crustaceans. Springer-Praxis Publishing Ltd., Chichester, UK. pp: 169-181.
21. Kumar, P., Sanjay, K., Punit, C., Rakesh, S., Poonam, A., Sushma, S., 2019. Effect of mineral mixture on growth, feed utilization and economic performance of composite fish farming. Agro Econimist, 6, 57-61.
22. Lall, S.P., 2002. The minerals. In: Halver, J.E., Hardy, R.W. (Eds). Fish Nutrition. Academic Press, New York, NY, USA. pp: 259-308.
23. Mir Rasekhian, M.E., Khara, H., Pourali, H.R., 2022. Effects of dietary magnesium supplementation oh the growth performance, body composition, and immune indices of juvenile Persian sturgeon, *Acipenser persicus*. Caspian Journal of Environmental Sciences, 20, 557-564.
24. Moazenzadeh, K., Rajabi Islami, H., Zamini, A., Soltani, M., 2020. Effect of dietary inorganic copper on growth performance and some hematological indices of Siberian sturgeon *Acipenser baerii* juveniles. North American Journal of Aquaculture, 82, 200-207.
25. NRC., 2011. Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. National Academies Press, Washington, DC. 376 p.
26. Peterson, D., Vecsei, P., Hochleithner, M., 2006. Threatened fishes of the world: *Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-842]

(Acipenseridae). Environmental Biology of Fishes, 43, 223-225.
27. Pierri, B.D.S., Silva, A.D., Cadorin, D.I., Ferreira, T.H., Mouriño, J.L.P., Filer, K., Pettigrew, J.E., Fracalossi, D.M., 2020. Different levels of organic trace minerals in diets for Nile tilapia juveniles alter gut characteristics and body composition, but not growth. Aquaculture Nutrition, 27, 176-186.
28. Prabhu, P.A.J., Schrama, J.W., Kaushik, S.J., 2014a. Mineral requirements of fish: a systematic review. Reviews in Aquaculture, 6, 1-48.
29. Prabhu, A.J.P., Schrama, J.W., Mariojouls, C., Godind, S., Fontagné-Dicharry, S., Geurden, I., Surget, A., Bouyssiere, B., Kaushik, S.J., 2014b. Post-prandial changes in plasma mineral levels in rainbow trout fed a complete plant ingredient based diet and the effect of supplemental di-calcium phosphate. Aquaculture, 430, 34-43.
30. Richardson, N.L., Higgs, D.A., Beames, R.M., McBride, J.R., 1985. Influence of dietary calcium, phosphorus, zinc and sodium phytate level on cataract incidence, growth and histopathology in juvenile Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). Journal of Nutrition, 115, 553-567.
31. Safarbakhsh, M.R., Mohseni, M., Bahri, A.H., Mohammadizadeh, F., 2020. Effect of dietary selenium on growth performance, survival rate and biochemical-blood profile of farmed juvenile beluga (*Huso huso*). Iranian Journal of Fisheries Sciences, 19, 2077-2088.
32. Sajjadi, M.M., Carter, C.G., 2004. Effect of phytic acid and phytase on feed intake, growth, digestibility and trypsin activity in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Aquaculture Nutrition, 10, 135-142.
33. Song, Z., Li, P., Hu, S., Liu, C., Hao, T., Han, X., 2023. Influence of dietary phosphorus on the growth, feed utilization, proximate composition, intestinal enzymes, and oxidation resistance of Sea cucumber *Apostichopus japonicas*. Aquaculture Nutrition, 2023, 1-12.
34. Spinelli, J., Houle, C.R., Wekell, J.C., 1983. The effect of phytates on the growth of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) fed purified diets containing varying quantities of calcium and magnesium. Aquaculture, 30, 71-83.
35. Stickney, R.R., 2000. Encyclopedia of aquaculture. In: Collins, G. (Ed). Minerals. John Wiley & Sons, Texas, USA. pp: 532-540.
36. Tashjian, D.H., Teh, S.J., Sogomonyan, A., Hung, S.S.O., 2006. Bioaccumulation and chronic toxicity of dietary L-selenomethionine in juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*). Aquatic Toxicology, 79, 401-409.
37. Valko, M., Rhodes, C.J., Moncol, J., Izakovic, M., Mazur, M., 2006. Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. Chemico-Biologica Interactions, 160, 1-40.
38. Watanabe, T., Kiron, V., Satoh, S., 1997. Trace minerals in fish nutrition. Aquaculture, 151, 185-207.
39. Yammamoto, T., Akiyama, T., 1995. Effect of carboxymethylcellulos, alpha starch, and wheat gluten incorporated in diets as binders on growth, feed efficiency and digestive enzyme activity of fingerling Japanese flounder. Fisheries Science, 61, 309-313.
40. Zhang, Y., Fan, Z., Wu, D., Li, J., Xu, Q., Liu, H., Wang, L., 2021. Dietary magnesium requirement on dietary minerals and physiological function of juvenile hybrid sturgeon (*Acipenser schrenckii*♀ × *Acipenser baerii*♂). Aquaculture International, 29, 1697-1709.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-842]

The effect of Fish Phos mineral supplement on the growth and nutritional indices of juvenile Sterlet sturgeon (*Acipenser ruthenus*)

Falahatkar, B.[1*], Alizadeh, H.[2], Rahmati, M.[3]

1- Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Iran.
2- Department of Fisheries, Faculty of Animal Sciences and Fisheries, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran.
3- Dr. Yousefpour Marine Fishes Restocking and Genetic Conservation Center, Siahkal, Iran.

Received: 6 February 2024 **Accepted: 30 April 2024**

Abstract

In this study, the effect of different levels of Fish Phos soluble mineral supplement (0, 2, 4 and 8 ml/kg diet) on the growth and nutritional performance of juvenile Sterlet sturgeon (*Acipenser ruthenus*) was investigated. For this purpose, a total number of 360 fish with 17.1 ± 0.2 g initial weight (mean ± SD) and 17.3 ± 0.1 cm total length were randomly assigned to 12 circular concrete tanks (1.85 m diameter and 0.25 m depth). The fish distributed in 4 treatments with 3 replicates (30 fish per tank) and fed for 8 weeks. The results of growth and nutritional indices showed that the highest amount of feed conversion ratio and voluntary feed intake was observed in the fish fed with 8 ml/kg mineral supplement, which had a significant difference with the control and other treatments (p<0.05). The highest survival rate was observed in the control treatment and 2 ml/kg diet, and with an increase in the dose of the supplement, the survival rate decreased (p<0.05). In other parameters including final weight, weight gain, body weight increase, specific growth rate, average daily growth, condition factor and feed intake no differences were observed (p>0.05). The present study showed that this mineral mixture could not have a positive effect on the growth and nutritional indices of juvenile Sterlet sturgeon in the studied weight range, and with increasing dosage, the survival rate was also decreased. Therefore, using this supplement in lower doses and for a longer period with a more complete combination of other elements can be recommended.

Keywords: Sturgeon, *Acipenser ruthenus*, Minerals, Growth, Survival.

[*] *Corresponding Author: falahatkar@guilan.ac.ir*

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-842]