J. Oceanography (JOC). 12 (48): 25-34, Winter 2022

Journal of Oceanography
Homepage: joc.inio.ac.ir

ORIGINAL RESEARCH PAPER (Marine Science)

The Effect of Different Level of Magnesium Sulfate on Hatching of Cyst and Survival and Growth of *Artemia franciscana*

Ghorban Tatar[1], Nasrollah Ahmadifard[2]*, Ramin Manaffar[2]

[1] *Graduated Student, Department of fisheries, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran*

[2] *Associate Professor, Department of fisheries, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran*

ARTICLE INFO

Article History:
Received: 2020/07/30
Revised: 2021/12/14
Accepted: 2021/07/26

Keywords:
Artemia
Hatching percentage
Magnesium Sulfate
Hatching Efficiency
Longitudinal growth
Survival.

*Corresponding author:
✉.n.ahmadifard@urmia.ac.ir
✆ (+9844) 32770489

ABSTRACT

Background and Objectives: Iran has different populations of Artemia that live in different climates and ecological conditions. Physicochemical conditions of lakes and lagoons have intensified the allopatric Artemia speciation. The aim of this study was to investigate the effect of one of the ions in these climates so that Artemia can be cultivated semi-naturally in some wetlands of Golestan province.

Methods: To do this, the effect of four treatments (10, 16, 33, and 50%) of magnesium sulfate instead of other salts on cyst and growth parameters of *Artemia franciscana* was studied.

Findings: There was a significant difference between the experimental groups in the Artemia growth index ($P < 0.05$). Maximum and minimum body length were observed in the control and 50% magnesium sulfate groups, respectively. In addition, 33 % magnesium sulfate treatment showed a significant decrease in growth rate compared to the control treatment ($p < 0.05$) but did not show a significant difference with 50% magnesium sulfate treatment ($P < 0.05$). At low concentrations of magnesium sulfate growth rate insignificantly decreased in Artemia compared to control treatment. The highest and the lowest survival percentage were observed in control and 50% magnesium sulfate, respectively. On the 15th day, the maximum and minimum survival rate was 83.7% and 46% in the control and 50% magnesium sulfate treatment, respectively. The highest hatching percentage was observed in control treatment and the lowest was observed in the 50% magnesium sulfate treatment. Increasing magnesium sulfate concentration significantly decreased the number of nauplii but increased the number of non-hatched cysts ($P < 0.05$). Moreover, the highest number of umbrella stages of Artemia was observed in the treatment with 50% magnesium sulfate. Maximum and minimum hatch efficiency were insignificantly observed in the control and 50% magnesium sulfate treatments, respectively. The highest mortality of nauplii was significantly observed in the treatment with maximum magnesium sulfate.

Conclusion: The results of this study showed that magnesium sulfate in high amounts limits the hatching and growth of Artemia. So, this creature should not be introduced to such climates.

NUMBER OF TABLES	NUMBER OF FIGURES	NUMBER OF REFERENCES
6	0	30

مقاله پژوهشی (علوم دریایی)

تاثیر سطوح مختلف سولفات منیزیم بر درصد تخم گشایی سیست، بقاء و رشد *Artemia franciscana*

قربان طاطار[1]، نصرالله احمدی فرد[2]*، رامین مناف فر[2]

[1] دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه شیلات و آبزیان، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
[2] دانشیار- گروه شیلات و آبزیان، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۵/۹
تاریخ بازبینی: ۱۴۰۰/۹/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۴

واژگان کلیدی:
آرتمیا
سسیت گشایی
سولفات منیزیم
کارایی هچ
رشد طولی
بقاء

*نویسنده مسئول
n.ahmadifard@urmia.ac.ir

چکیده

پیشینه و اهداف: ایران دارای جمعیتهای مختلفی از آرتمیاست که در اقلیمهای مختلفی که دارای املاح و شرایط اکولوژیک متفاوتی هستند زندگی میکنند. شرایط فیزیکوشیمیایی مختلف دریاچه ها و تالابها موجب شده است که گونه‌زایی آلوپاتریک آرتمیا تشدید یابد. هدف مطالعه حاضر بررسی تاثیر یکی از یونهای موجود در این اقلیمها بود تا بتوان بصورت نیمه طبیعی در برخی از تالابهای استان گلستان اقدام به کشت آرتمیا نمود.

روش‌ها: به همین منظور تاثیر ۴ تیمار (۱۰، ۱۶، ۳۳ و ۵۰ درصد) سولفات منیزیم به جای نمک‌های دیگر در کنار تیمار شاهد بر درصد سیست گشایی، رشد و بقاء آرتمیا فرانسیسکانا بررسی شد.

یافته‌ها: از نظر شاخص رشد طولی آرتمیا بیشترین و کمترین طول بدن به ترتیب در تیمار شاهد و ۵۰٪ سولفات منیزیم مشاهده گردید. در تیمار ۳۳ ٪ سولفات منیزیم نیز رشد طولی کاهش معنی‌داری با تیمار شاهد نشان داده است ($p<0/05$) اما با تیمار ۵۰٪ سولفات منیزیم تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند ($P>0/05$). در غلظت‌های پایین سولفات منیزیم رشد طولی آرتمیا کاهشی را نشان داده است اما تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نشان ندادند. بیشترین و کمترین درصد بقاء به طور معنی داری به ترتیب در تیمار شاهد و تیمار ۵۰٪ سولفات منیزیم مشاهده شد. در روز پانزدهم حداکثر بقاء ۸۳/۷ درصد در تیمار شاهد و کمترین بقاء ۴۶ درصد در تیمار با حداکثر سولفات منیزیم مشاهده شد. بالاترین و پایین‌ترین درصد هچ به ترتیب در تیمار شاهد و ۵۰٪ سولفات منیزیم اندازه‌گیری شد. با افزایش غلظت سولفات منیزیم در تیمارها به طور معنی‌داری تعداد ناپلی بدست آمده کاهش و همچنین تعداد سیست‌های تفریخ نشده افزایش نشان داد ($P<0/05$). بالاترین تعداد ناپلی-های چتری در تیمار با ۵۰ ٪ سولفات منیزیم مشاهده شد. حداکثر و حداقل میزان کارایی هچ به ترتیب در تیمار شاهد و ۵۰ ٪ سولفات منیزیم مشاهده شد اما بین تیمارها از نظر آماری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. بعد از تفریخ حداکثر مرگ و میر ناپلی آرتمیا در تیمار با حداکثر مقدار سولفات منیزیم مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: نتایج این تحقیق نشان داد که سولفات منیزیم در مقادیر بالا محدود کننده تفریخ و رشد آرتمیا می باشند و از معرفی این موجود به چنین اقلیمهایی باید پرهیز نمود.

مقدمه

تمامی موجودات آبزی به صورت مستقیم و یا غیرمستقیم تحت تاثیر خواص فیزیکی و همچنین ویژگی‌های شیمیایی آب قرار دارند [۱]. برای موجودات زنده اکوسیستم‌های آبی، عوامل غیر زنده از جمله دما، جریان آب، سختی آب، پی‌اچ از جمله مهمترین عوامل در موفقیت رشد و تولیدمثل می باشند [۲, ۳]. پی‌اچ و سختی آب مهمترین فاکتورهای آب در جمعیت پویای سخت پوستان در اکوسیستم‌های آبی محسوب می‌شوند [۴]. ترکیبات یونی آب نقش بسزایی را بر موجودات اکوسیستم‌های آبی داراست؛ از این رو که غلظت یون‌های کلسیم و منیزیم اساسی‌ترین نقش را در تنظیم یونی موجودات بخصوص در موجودات متعلق به آب شیرین دارا می باشند. این یونها میزان نفوذ پذیری را در این موجودات نسبت به محیط اطرافشان تحت تاثیر قرار می دهند [۴]. حضور کاتیونهای دو ظرفیتی میزان سختی آب را مشخص می‌کنند که از این رو میزان یون‌های کلسیم و منیزیم یونهای اصلی دو ظرفیتی می‌باشند. در آب‌های با سختی بالا لایه نازک سفید رنگی سطح بالایی آب را می-پوشاند که ناشی از ادغام آنها با مولکول‌های آب می‌باشد. سختی کل

آب ناشی از وجود دو نوع یون کلسیم و منیزیم است که سهم کلسیم ۶۵ درصد و سهم منیزیم ۳۵ درصد می‌باشد اما یون‌های آهن و استرانیسیوم که در سختی آب دخیل هستند؛ مقادیر بسیار کمی را به خود اختصاص می‌دهند. سختی آب یکی از مهمترین فاکتورهای آب در آبزی پروری است. منابع ایجاد سختی (کلسیم و منیزیم) تاثیرات زیستی و فیزیولوژی بر آبزیان از قبیل شکل‌گیری فلس و استخوان در ماهیان و شرکت در فرایند پوست‌اندازی در میگوها و سایرسخت پوستان می‌گذارند. کلسیم محیط که نقش بسیار با اهمیت و حیاتی را در تنظیم اسمزی در آبزیان بر عهده دارد؛ بر عملکرد و حفظ عضلات و عملکرد قلب تاثیرات بسزایی می‌گذارد [۵]. بطور معمول درجه سختی آب در آبزی‌پروری در آبهای شیرین بین ۳۰-۳۰۰ میلی گرم در لیتر می‌باشد [۶]. در تعداد زیادی از مطالعات بیان شده که تاثیر اثرات سمی فلزات سنگین در موجودات متعلق به آبهای شیرین به سختی آب مرتبط است [۵, ۷-۹]. همچنین افزایش میزان سختی باعث کاهش میزان سمیت فلزات سنگین در موجودات آبزی خواهد شد [۷, ۱۰, ۱۱]. کربنات‌های کلسیم و منیزیم بخش اعظم اسکلت سخت‌پوستان را شامل می‌شود که در مرحله پیش پوست اندازی باز جذب می‌شود [۱۲].

در آب دریاها میزان حضور املاحی که سبب ایجاد سختی می‌شوند یکسان نمی‌باشد. آب دریاچه خزر دارای ترکیبات شیمیایی مخصوص به خود و متفاوت از سایر دریاهاست. آب دریای خزر به دلیل دارا بودن نمکهای سولفات به ویژه منیزیم سولفات جزء آبهای تلخ مزه به شمار می‌رود [۱۳]. اندازه‌گیری دقیق غلظت یونهای دریا علاوه بر توسعه دانش شیمی دریا در اکولوژی و فیزیولوژی آبزیان حایز اهمیت بسیار است. با توجه به این که نسبت یون سولفات به کلراید در خلیج گرگان ۰/۳۳ و در گمیشان ۰/۳۸ گزارش شده است که این مقدار نسبت به مقادیر گزارش شده در دریاهای آزاد (۰/۱۴) به مراتب بیشتر است.

آرتمیا به خاطر ارزش غذائی زیاد چه بصورت ناپلی و چه بصورت بالغ و تولید انبوه سیست‌های مقاوم و بادوام با میزان مناسب، می‌توانند نقش مهمی در تغذیه آبزیان، بخصوص در مراحل لاروی، نوزادی و پس از آن داشته باشند. در این تحقیق سعی بر این بوده بهترین میزان سختی و همچنین نسبت کلسیم و منیزیم بر میزان تخم‌گشایی و کیفیت ناپلی آرتمیا *A.franciscana* که یکی از مهمترین گونه‌های غذای زنده در بخش‌های مختلف آبزی‌پروری در سراسر دنیا می‌باشد، مشخص شود. مهمترین عامل تخم‌گشایی سیست آرتمیا میزان شوری آب می‌باشد که در بین گونه‌های مختلف ۱۵-۹۰ گرم در لیتر تخمین زده شده است [۱۴]. براساس مطالعات Kim و همکاران [۴] پی‌اچ و سختی آب از مهمترین فاکتورهای کیفی آب در پویایی جمعیت سخت پوستان در اکوسیستم‌های آبی یافت شده‌اند. مطالعاتی گسترده ای در مورد تاثیر سطوح مختلف سختی و نسبت‌های کلسیم و منیزیم و سایر املاح بر روی انواع مختلف جانوران انجام شده است. در مطالعه‌ای توسط Van Dam و همکاران [۱۵] میزان سمیت سولفات منیزیم و تاثیر کلسیم در آبهای شیرین بر روی ۶ گونه (*Chlorella sp.*، *Lemna sp.*، *Moinadaphnia macleayi*، *Hydra viridissima* و *Mogurunda moguranda*) از موجودات آب شیرین مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که منیزیم یون سمی می‌باشد. همچنین نشان داده شد که یون کلسیم اثرات مفیدی بر سمیت منیزیم دارد. بطوری که سمیت منیزیم در نسبت‌های کمتر از ۱۰ به ۱ منیزیم به کلسیم از بین می‌رود. نتایج حاکی از آن بود که سمیت منیزیم وابسته به غلظت کلسیم می‌باشد و آبهای فاقد کلسیم خطر زیادی بر موجودات آبزی دارد. اثرات سختی کل و نسبت کلسیم به منیزیم بر روی گونه *Gobiocypris rarus* مورد بررسی قرار گرفت [۱۶]. نرخ باروری تا سختی کل ۴۸۰ میلی‌گرم بر لیتر تحت تاثیر قرار نگرفت؛ اما اندازه تخم با افزایش سختی کاهش یافت. نسبت کلسیم به منیزیم کمتر از ۱ به ۲۰ و بیشتر از ۸ به ۱ اثرات عکسی بر تفریخ، تغذیه، رشد و بقاء و توسعه لاوری داشت. در نهایت عدم تعادل کلسیم و منیزیم در این گونه سبب مسمومیت شد. تاثیر سطوح سختی و نسبت‌های کلسیم و منیزیم بر روی میگوی بزرگ آب شیرین *Macrobrachium rosenbergii* و تاثیرات آن بر روی کارایی تولیدمثلی و همچنین کیفیت لاروهای حاصل نشان داد که سختی ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر با نسبت ۱:۱ کلسیم به منیزیم بهترین کارایی تولیدمثلی و همچنین کیفیت لارو در *M. rosenbergii* را به دنبال داشته است [۱۷]. همچنین اندازه پریان میگوی آمریکای شمالی در دماهای ثابت بسته به میزان سختی کل بوده و با افزایش میزان سختی اندازه پریان میگوهای تفریخ شده کاهش نشان داده است [۱۸]. درصد تخم‌گشایی سیست پریان میگوی *Phallocryptus spinosa* با افزایش سختی آب تا ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر افزایش داشته و پس از آن روند کاهشی داشته است. همچنین بهترین نسبت کلسیم و منیزیم جهت تخم‌گشایی سیست پریان میگوها نسبت برابر کلسیم و منیزیم در کل تیمارها بوده است [۱۹]. همچنین افزایش میزان سختی تاثیر مستقیمی بر افزایش میزان مرگ و میر پریان میگو *P. Spinosa* داشته است و با افزایش میزان سختی میزان درصد مرگ و میر نیز افزایش پیدا کرده است. Gholamzadeh و همکاران [۱۹] نشان دادند که با افزیش میزان سختی میزان مرگ و میر ناپلی‌های *A.franciscana* افزایش یافته است ولی نسبت‌های کلسیم و منیزیم تاثیری بر میزان مرگ و میر نداشت. همچنین افزایش میزان سختی سبب کاهش اندازه طول ناپلی حاصل از تخم‌گشایی و افزایش میزان مرگ و میر شد. مطالعات Agh و همکاران [۲۰] تأثیر شوری بر طول کل بدن آرتمیا از مرحله ناپلیوسی تا بلوغ را نشان دادند و بیان کردند که طول بدن آرتمیا با افزایش شوری آب کاهش می یابد. در مطالعات مختلف انجام شده میزان سختی و یونهای کاتیونی عامل سختی مورد توجه قرار گرفته

است ولیکن یونهای آنیونی که همراه کاتیونها به آب افزوده می شوند نادیده گرفته شده است. به همین منظور در مطالعه حاضر علاوه بر سختی و یون منیزیم غلظت‌های مختلف یون سولفات به عنوان آنیون مهم که سبب تلخ شدن آب دریاچه خزر می‌شود مورد توجه و بررسی قرار گرفته است.

روش پژوهش

تهیه و کشت جلبک *Dunaliella salina*

از کشت ذخیره جلبک *D. salina* برای کشت در آزمایشگاه در شدت نور حدود ۲۰۰۰ لوکس و دمای اتاق (درحدود ۲±۲۸ درجه سانتیگراد) استفاده گردید. آب دریاچه ارومیه بعد از اتوکلاو و خنک شدن با استفاده از آب مقطر به شوری اپتیمم برای کشت این نوع جلبک که ۷۰ گرم بر لیتر بود رسانده شد. از محیط کشت کانوی (Conway) برای کشت جلبک دونالیلا در شرایط استاندارد استفاده شد [۲۱]. برای تغذیه آرتمیا از جلبک تغلیظ شده با تراکم استاندارد ۱۸×۱۰^{۶} cell/ml طبق پروتکل استفاده شد [۲۲].

آزمایش مرحله اول:

در این مرحله از آزمایش از ۲ حالت سیست دکپسوله نشده و دکپسوله شده استفاده شد. ابتدا برای برطرف کردن آلودگی، سیست-ها با هیپوکلریت سدیم (۲۰۰ ppm) به مدت ۳۰ دقیقه به حالت غوطه‌ور در زوگ‌های یک لیتری ضدعفونی شدند [۲۳]. پس از ضدعفونی سیست ها در الک های ۲۵۰ میکرونی ریخته شد و سپس با آب شیرین اتوکلاو شده شستشو شدند. برای دکپسوله کردن سیست های آرتمیا از روش استاندارد Van Stappen [۲۴] استفاده شد.

از ۴ تیمار (۱۰، ۱۶، ۳۳ و ۵۰ درصد) (به ترتیب حاوی ۳۰۰۰، ۵۰۰۰ ، ۱۰۰۰۰ و ۱۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) سولفات منیزیم به عنوان عوامل افزاینده همزمان سولفات و منیزیم برای بررسی میزان تخم گشایی سیست‌های آرتمیا استفاده شد.

انکوباسیون سیستها جهت تخم گشایی در شوری ۳۰ گرم در لیتر، روشنایی ثابت و هوادهی مداوم، دمای ۲۸-۲۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد [۲۳]. ناپلی‌های تفریخ یافته بعد از شمارش به بطری های یک و نیم لیتری استریل شده (حجم قابل استفاده ۱۰۰۰ سی سی) منتقل شدند. تراکم ذخیره‌سازی ناپلی ها یک عدد در ۲ سی سی آب بود.

تعیین میزان سیست‌گشایی و درصد تلفات:

برای نمونه‌برداری از تیمارها، به منظور همگن شدن پراکندگی آرتمیاها و سیست‌ها، ظروف یک لیتری تکان داده شده و به میزان ۱۰سی‌سی از آن نمونه‌برداری انجام شد. نمونه‌ها در لوگل ۴٪ فیکس شده موارد زیر با استفاده از فرمول زیر بدست آمد [۲۴]:

درصد هچ= تعداد ناپلی‌های هچ شده از هر ۱۰۰ عدد سیست

کارایی هچ= تعداد ناپلی‌های تولید شده از یک گرم سیست

درصد تلفات= تعداد ناپلی‌های مرده/درصد تخم گشایی × ۱۰۰

آزمایش مرحله دوم:

در این مرحله از جلبک *D. salina* بعد از آماده‌سازی جهت تغذیه آرتمیا بر اساس جدول غذادهی Coutteau و همکاران [۲۲] به صورت روزانه مورد استفاده قرار گرفت. برای رسیدن به مقادیر و نسبت های مورد نظر سولفات و منیزیم از سولفات منیزیم به آب پایه اضافه شد. در این مرحله از آب پایه با میزان شوری ۷۵ گرم بر لیتر استفاده شد و از ۴ تیمار ۱۰، ۱۶، ۳۳ و ۵۰ درصد (به ترتیب غلظت-های ۷۵۰۰، ۱۲۵۰۰ ، ۲۵۰۰۰ و ۳۷۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) سولفات منیزیم به عنوان عوامل افزاینده همزمان سولفات و منیزیم استفاده شد. در ترکیب سولفات منیزیم از نظر وزنی ۲۰/۲ درصد یون منیزیم و ۷۹/۸ درصد یون سولفات می‌باشد که با افزودن مقادیر بالای سولفات منیزیم غلظت‌های ۱۵۱۵، ۲۵۲۵ ، ۵۰۵۰ و۷۵۷۵ میلی‌گرم در لیتر از منیزیم و غلظت‌های ۵۹۸۵، ۹۹۷۵ ، ۱۹۹۵۰ و ۲۹۹۲۵ میلی‌گرم در لیتر از یون سولفات بدست آمد. با ثابت نگه داشتن میزان شوری نسبت سایر یونها کاهش یافت. این کار دقیقا همان اتفاقی می‌باشد که در عمل در آب دریاچه خزر و آبهای آن اتفاق می افتد. بطوری که نسبت دو یون منیزیم و سولفات در این آب بالا بوده و سبب شده سایر یونها به نسبت کاهش یابد.

درون بطری های یک و نیم لیتری حاوی ۱۰۰۰ سی سی آب شور ۷۵ گرم بر لیتر، تعداد ۵۰۰ عدد ناپلیوس تازه تفریخ شده آرتمیا اضافه شده و در یک آکواریوم حاوی آب معمولی شهری با دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد قرار داده شده و تا روز ۲۰ ام مطابق با شرایط استاندارد پرورش داده خواهند شد. پرورش آرتمیاها در سه تکرار انجام گرفت [۲۴]. عمل تعویض آب با توجه به کدورت آب بوده که بخشی یا کل آب به صورت سیفون کردن آب به درون یک فیلتر مجهز به توری با چشمه مناسب انجام گرفت.

بررسی رشد و بازماندگی آرتمیا

آرتمیا در این سیستم تا پایان روز ۲۰ پرورش داده شدند. همچنین در روزهای ۳، ۵، ۷، ۱۱ و ۱۵ [۲۴] شمارش تعداد آرتمیاهای زنده صورت گرفت، همچنین با گرفتن ۱۰ نمونه از هر تیمار و تثبیت در محلول لوگول با استفاده از یک دستگاه لوپ مجهز به دوربین اندازه آرتمیاها برحسب میلی‌متر بیومتری گردید. در پایان روز ۲۰ام درصد بازماندگی در تمام تکرارها با انجام شمارش آرتمیاهای زنده انجام شد.

آنالیز های آماری:

آزمایش‌ها در قالب یک طرح کاملاً تصادفی انجام گرفت. بعد از انجام آزمایش، نرمال بودن داده‌های خام با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. برای آنالیز داده‌های نرمال از آزمون تجزیه واریانس یک طرفه و برای مقایسه میانگین بین تیمارهای مختلف از آزمون Tukey استفاده و جهت بررسی غیر نرمالی از آزمون‌های ناپارامتری استفاده شد. حداقل سطح معنی‌داری آزمون‌ها $p\leq ۰/۰۵$ در نظر گرفته شد. داده‌های به دست آمده به صورت میانگین ± انحراف معیار ارائه شدند. برای انجام آنالیزهای آماری از نرم افزار SPSS با نسخه ۲۱ و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel نسخه ۲۰۱۳ استفاده شد.

نتایج و بحث

آزمایش مرحله اول:

با توجه به جدول ۱ درصد هچ سیست آرتمیا در تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار با سایر تیمارها از خود نشان داد ($P<۰/۰۵$). بالاترین و پایین‌ترین درصد هچ به ترتیب در تیمار شاهد و تیمار ۵۰٪ سولفات منیزیم مشاهده شد. با افزایش سولفات منیزیم در تیمارها به طور معنی‌داری از تعداد ناپلی‌های حاصله کاهش و تعداد سیست‌های تفریخ نشده افزایش نشان داد ($P<۰/۰۵$). همچنین بالاترین تعداد حالت چتری در تیمار با ۳۳ ٪ سولفات منیزیم مشاهده شد. در جدول ۲ کارایی هچ سیست آرتمیا در تیمارهای مختلف سولفات روی در مقایسه با تیمار شاهد آمده است. حداکثر و حداقل میزان کارایی هچ به ترتیب در تیمار شاهد و ۵۰ ٪ سولفات منیزیم مشاهده شد اما بین تیمارها از نظر آماری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($P > ۰/۰۵$). بعد از تفریخ سیست تعداد ناپلی‌هایی که تلف شدند مورد شمارش قرار گرفت و حداکثر تلفات ناپلی به طور معنی داری در تیمار با حداکثر سولفات منیزیم مشاهده شد. در جدول ۳ درصد هچ سیست دکپسوله شده آرتمیا در تیمار شاهد و ۱۰٪ سولفات منیزیم اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها از خود نشان داد ($P<۰/۰۵$). کمترین درصد هچ به میزان ۷۹/۷۱ درصد در تیمار ۵۰٪ سولفات منیزیم مشاهده شد. همچنین با افزایش سولفات منیزیم در تیمارها به‌طور معنی‌داری تعداد سیست‌های تفریخ نشده افزایش نشان داد ($P<۰/۰۵$). بالاترین تعداد حالت چتری در تیمار با ۳۳٪ سولفات منیزیم مشاهده شد.

جدول ۱: درصد فاکتورهای هچ سیست دکپسوله نشده آرتمیا بعد از ۲۴ ساعت در تیمارهای حاوی سولفات منیزیم

Table 1: Hatching percentage of Artemia un-decapsulated cyst after 24 hours in magnesium sulfate treatments

تیمارها	چتری (درصد)	سیست (درصد)	تعداد ناپلی (درصد) یا (درصد هچ)
شاهد	۴/۱۵ ± ۰/۳۳^{a}	۶/۰۸ ± ۱/۵۳^{c}	۸۹/۷۷ ± ۱/۴۵^{a}
۱۰ ٪ سولفات منیزیم	۳/۸۲ ±۰/۳۷ ^{a}	۶/۱۰ ± ۰/۵۸^{c}	۹۰/۰۸ ± ۰/۴۴^{a}
۱۶ ٪ سولفات منیزیم	۵/۴۷ ± ۰/۲۲^{a}	۷/۹۶ ± ۱/۵۳^{ab}	۸۶/۵۷ ± ۰/۸۷^{b}
۳۳ ٪ سولفات منیزیم	۵/۳۴ ± ۰/۳۲^{a}	۸/۴۱ ± ۰/۵۸^{b}	۸۶/۲۵ ± ۰/۳۹^{b}
۵۰ ٪ سولفات منیزیم	۳/۷۷ ± ۰/۹۵^{a}	۱۳/۲۷ ± ۰/۵۷^{a}	۸۲/۹۶ ± ۲/۲۵^{c}

حروف متفاوت لاتین در هر ستون نشان دهنده وجود تفاوت آماری معنی‌دار میان گروه‌ها است (آزمون توکی در سطح ۵ درصد)

جدول ۲: کارایی هچ سیست دکپسوله نشده آرتمیا و میزان مرگ‌ومیر ناپلی آرتمیا بعد از ۲۴ ساعت در تیمارهای حاوی سولفات منیزیم

Table 2: Hatching efficiency of Artemia un-decapsulated cyst and mortality of Artemia nauplii after 24 hours in magnesium sulfate treatments

تیمارها	کارایی هچ	درصد تلفات
شاهد	۱۵۸۶۶۷ ± ۱۳۶۱۴^{a}	۱/۲۷ ± ۰/۱۰^{e}
۱۰ ٪ سولفات منیزیم	۱۵۷۳۳۳ ± ۳۰۵۵^{a}	۲/۵۴ ± ۰/۰۵^{d}
۱۶ ٪ سولفات منیزیم	۱۵۸۶۶۷ ± ۹۴۵۲^{a}	۳/۷۹ ± ۰/۲۳^{c}
۳۳ ٪ سولفات منیزیم	۱۵۰۶۶۷ ± ۵۰۳۳^{a}	۵/۳۱ ± ۰/۱۸^{b}
۵۰ ٪ سولفات منیزیم	۱۴۵۳۳۳ ± ۶۱۱۰^{a}	۶/۸۹ ± ۰/۲۹^{a}

*حروف متفاوت لاتین در هر ستون نشان دهنده وجود تفاوت آماری معنی‌دار میان گروه‌ها است (آزمون توکی در سطح ۵ درصد)

جدول ۳: درصد فاکتورهای هچ سیست دکپسوله شده آرتمیا بعد از ۲۴ ساعت در تیمارهای حاوی سولفات منیزیم

Table 3: Hatching percentage of Artemia decapsulated cyst after 24 hours in magnesium sulfate treatments

تیمارها	چتری (درصد)	سیست (درصد)	تعداد ناپلی (درصد) یا درصد هچ
شاهد	۰/۳۹ ± ۰/۵۷^{b}	۲/۶۵ ± ۰/۵۷^{d}	۹۶/۹۶ ± ۰/۶۱^{a}
۱۰ ٪ سولفات منیزیم	۱/۱۸ ± ۰^{ab}	۲/۶۵ ± ۰/۵۷^{d}	۹۶/۱۷ ± ۰/۵۴^{a}
۱۶ ٪ سولفات منیزیم	۲/۰۷ ± ۰/۵۵^{ab}	۷/۶۷ ± ۰/۵۷^{c}	۹۰/۲۶ ± ۱/۳۷^{b}

۳۳ ٪ سولفات منیزیم	۳/۵۶ ± ۱/۵۲[a]	۱۳/۵ ± ۱[b]	۸۲/۹۴ ± ۱/۳۵[c]
۵۰ ٪ سولفات منیزیم	۲/۲۸ ± ۰[ab]	۱۸/۰۱ ± ۱/۵۲[a]	۷۹/۷۱ ± ۱/۱۵[d]

*حروف متفاوت لاتین در هر ستون نشان دهنده وجود تفاوت آماری معنی‌دار میان گروه‌ها است (آزمون توکی در سطح ۵ درصد)

براساس جدول ۴ حداکثر و حداقل میزان کارایی هچ به ترتیب در تیمار شاهد و ۵۰ ٪ سولفات منیزیم مشاهده شد اما بین تیمارهای شاهد و ۱۰ ٪ سولفات منیزیم تفاوت معنی داری مشاهده نشد (P> ۰/۰۵). تعداد ناپلی‌هایی تلف شده بعد از تفریخ تفاوت معنی-داری در بین تیمارها نشان داد و حداکثر تلفات در تیمار با ۵۰٪ سولفات منیزیم مشاهده شد. اگر چه در تیمارهای شاهد، ۱۰ ٪ و ۱۶/۷ ٪ سولفات منیزیم تلفاتی مشاهده نشد.

جدول ۴: کارایی هچ سیست دکپسوله شده آرتمیا و میزان تلفات ناپلی آرتمیا بعد از ۲۴ ساعت در تیمارهای حاوی سولفات منیزیم

Table 4: Hatching efficiency of Artemia decapsulated cyst and mortality of Artemia nauplii after 24 hours in magnesium sulfate treatments

تیمارها	کارایی هچ	درصد تلفات
شاهد	۱۷۰۰۰۰ ± ۲۰۰۰[a]	۰ ± ۰[c]
۱۰ ٪ سولفات منیزیم	۱۶۷۳۳۳ ± ۴۱۶۳[a]	۰ ± ۰[c]
۱۶ ٪ سولفات منیزیم	۱۵۴۶۶۶ ± ۳۰۵۵[b]	۰ ± ۰[c]
۳۳ ٪ سولفات منیزیم	۱۴۲۶۶۶ ± ۳۰۵۵[c]	۱/۴۰ ± ۰/۰۲[b]
۵۰ ٪ سولفات منیزیم	۱۳۸۶۶۶ ± ۲۳۰۹[c]	۲/۸۸ ± ۰/۰۴[a]

*حروف بالانویس متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود تفاوت آماری معنی‌دار میان گروه‌ها است (آزمون توکی در سطح ۵ درصد)

آزمایش مرحله دوم:

همانطور که در جدول ۵ ارائه شده است، از نظر شاخص رشد طولی آرتمیا تفاوت معنی‌دار آماری بین گروه‌های آزمایشی مشاهده شد (P <۰/۰۵)، بیشترین و کمترین طول بدن به ترتیب در تیمار شاهد و ۵۰٪ سولفات منیزیم مشاهده گردید. در تیمار ۳۳ ٪ سولفات منیزیم نیز رشد طولی کاهش معنی‌داری با تیمار شاهد نشان داده است (p <۰/۰۵) اما با تیمار ۵۰٪ سولفات منیزیم تفاوت معنی داری را نشان ندادند (P<۰/۰۵). از نظر عددی با افزودن سولفات منیزیم رشد طولی آرتمیا کاهشی را نشان داده است اما در مقادیر پایین تفاوت معنی داری با تیمار شاهد نشان ندادند.

در جدول۶ میزان بقاء آرتمیا در طی روزهای آزمایش (روز سوم تا پانزدهم) مشاهده می شود. از روز سوم تا انتهای آزمایش بین تیمارها تفاوت معنی داری یافت شد (P<۰/۰۵). بیشترین وکمترین بقاء به طور معنی‌داری به ترتیب در تیمار شاهد و تیمار ۵۰٪ سولفات منیزیم مشاهده شد. در روز پانزدهم حداکثر بقاء ۸۳/۶۷ درصد در تیمار شاهد و کمترین بقاء ۴۶ درصد در تیمار با حداکثر سولفات منیزیم مشاهده شد.

آرتمیا به عنوان یک جانور آبزی دارای مزیتهای زیادی برای مطالعات آلودگی محیطی است. دسترسی آسان به سیست، متمایز بودن مراحل مختلف زندگی و کشت آن در محیط مصنوعی این امکان را بوجود می‌آورد تا بتوان میزان تاثیر یونهای مختلف را بر روی آرتمیا بررسی کرد. با این وجود یکی از مشکلات استفاده از آرتمیا برای مطالعات مختلف، مقاومت بالای آن در مقابل انواع یونها می باشد [۲۵]. سنتز بالای متالوتیونین یکی از دلایل مقاومت بالای این موجود در مقابل ترکیبات مختلف می‌باشد [۲۶]. به عنوان مثال در مطالعه‌ای Nejatkhah و همکاران [۲۷] بر روی تاثیر دو فلز سنگین شامل روی و مس بر دو گونه *A.urmiana* و *A.fransiscana* ، مشخص شد که این دو گونه مقاومت بالایی نسبت به این فلزات دارند و نمی‌توانند شاخص مناسبی برای ارزیابی آلودگی اکوسیستمهای آبی با این فلزات باشند. همچنین نتایج مطالعات Hadjispyrou و همکاران [۲۵] بر روی اثر کادمیوم بر ناپلیوس *A.fransiscana* نشان داد که این گونه در مقابل آلودگی با کادمیوم بسیار مقاوم بوده در نتیجه نمی‌تواند شاخص مناسبی برای ارزیابی آلودگی محیط با این فلز باشد. با این حال خواص فیزیکی و شیمیایی آب به صورت مستقیم و غیر مستقیم بر فعالیت های فیزیولوژیکی آبزیان از جمله آرتمیا تاثیرگذار هستند [۱]. در موجودات سخت پوست فاکتورهایی از قبیل سختی و عناصری از قبیل منیزیم و کلسیم نقش مهمی در تنظیم اسمزی و پوست اندازی آنها ایفا می‌کند [۴]. تغییر یونهایی از قبیل منیزیم و سختی و نسبت آنها در بعضی از موجودات سبب ایجاد سمیت کرده که در گونه *Gobiocypris rarus* توسط Luo و همکاران [۱۶] گزارش شده است.

در مطالعه حاضر که با افزودن منیزیم سولفات سبب افزایش نسبت منیزیم به کلسیم می‌شود منجر به کاهش رشد و درصد سیست گشایی گردید که نشان دهنده اثرات سمیت آن می‌باشد. اگرچه در تیمارهای پایین‌تر منیزیم سولفات تاثیرات سمیت مشاهده نشد که شاید به این دلیل باشد که آرتمیا یک موجود سخت پوست است و نیاز بالایی به ترکیباتی از قبیل منیزیم برای پوست‌اندازی و رشد دارد و لیکن با افزایش غلظت منیزیم اثرات بازدارنده آن مشاهده شد.

در مطالعه Rezaee و همکاران [۱۷] نشان داده شد که سطوح مختلف سختی و نسبت های کلسیم و منیزیم تاثیر زیادی بر روی

کارایی تولیدمثل و کیفیت لاروهای حاصله میگوی بزرگ آب شیرین *Macrobrachium rosenbeergi* داشت. در نتایج آنها نسبت ۱:۱ منیزیم به کلسیم بهترین نتایج را نشان داد. Gholamzadeh و همکاران [۱۹] نشان داد که با افزایش سختی درصد سیست‌گشایی در پریان میگو *P. spinosa* ابتدا تا میزان ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر افزایش و سپس کاهش یافته است. در مطالعه حاضر نیز در غلظت های پایین منیزیم سولفات درصد تفریخ اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نشان نداد اما با افزایش غلظت منیزیم سولفات درصد سیست گشایی به طور معنی‌داری کاهش یافت که از تاثیرات منفی در غلظت های بالاست.

جدول ۵: رشد طولی آرتمیا در طی روزهای مختلف در تیمارهای حاوی سولفات منیزیم

Table 5: Longitudinal growth of Artemia during different days in magnesium sulfate treatments

تیمارها	روزها					
	روز اول	روز سوم	روز پنجم	روز هشتم	روز یازدهم	روز پانزدهم
شاهد	۴۵۰/۵ ± ۲۹/۸۳ ^{a}	۱۲۵۴/۸ ± ۶۰/۵۷^{a}	۱۵۱۴/۸ ± ۱۷/۲۹^{a}	۳۳۴۸/۴ ± ۲۸۱/۳^{a}	۵۱۶۷/۷ ± ۵۲۶/۸^{a}	۶۹۲۰/۳ ± ۵۷۹/۲^{a}
۱۰ ٪ سولفات منیزیم	۴۵۰/۵ ± ۲۹/۸۳ ^{a}	۱۱۹۲/۷ ± ۵۶/۸۸^{a}	۱۵۰۱/۸ ± ۷۵/۷۰^{b}	۲۷۲۳/۶ ± ۱۳۸/۸^{b}	۴۵۷۷/۳ ± ۲۴۹ ^{a}	۶۱۹۹/۴ ± ۲۹۴/۹^{ab}
۱۶ ٪ سولفات منیزیم	۴۵۰/۵ ± ۲۹/۸۳ ^{a}	۱۱۹۹/۶ ± ۳۹/۱۱^{a}	۱۴۰۰ ± ۴۱/۱۸^{ab}	۲۴۳۱/۹ ± ۹۰/۴۳^{bc}	۴۴۳۵/۴ ± ۳۸۳/۹^{a}	۶۱۰۳/۷ ± ۲۰۲/۹^{ab}
۳۳ ٪ سولفات منیزیم	۴۵۰/۵ ± ۲۹/۸۳ ^{a}	۱۱۳۱/۴ ± ۷۲/۶۴^{ab}	۱۳۱۶/۴ ± ۱۰۵/۶^{b}	۲۳۱۶/۳ ± ۸۱/۶۹^{bc}	۴۳۱۸/۶ ± ۴۴۶/۶^{a}	۵۴۴۴/۱ ± ۱۸۱^{bc}
۵۰ ٪ سولفات منیزیم	۴۵۰/۵ ± ۲۹/۸۳ ^{a}	۱۰۳۹/۱ ± ۳۶/۵۶^{b}	۱۲۴۲/۹ ± ۱۷/۸۶^{b}	۲۱۵۷/۵ ± ۱۴۵/۸^{c}	۳۲۵۷/۳ ± ۱۰۸/۹^{b}	۴۸۲۶/۸ ± ۴۲۱/۸^{c}

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود تفاوت آماری معنی‌دار میان گروه‌ها است (آزمون توکی در سطح ۵ درصد)

جدول ۶: بقاء آرتمیا (درصد) در طی روزهای مختلف در تیمارهای حاوی سولفات منیزیم

Table 6: Survival (%) of Artemia during different days in magnesium sulfate treatments

تیمارها	روزها				
	روز سوم	روز پنجم	روز هشتم	روز یازدهم	روز پانزدهم
شاهد	۹۷ ± ۰/۰^{a}	۹۵/۳ ± ۰/۳۳^{a}	۹۰/۳ ± ۰/۳۳^{a}	۹۰/۳ ± ۰/۸۸^{a}	۸۳/۷ ± ۰/۸۸^{a}
۱۰ ٪ سولفات منیزیم	۹۶ ± ۰/۵۸^{a}	۹۲/۷ ± ۰/۸۸^{ab}	۸۸/۳ ± ۰/۳۳^{a}	۸۰/۳ ± ۱/۳۳^{a}	۷۹ ± ۰/۵۸^{a}
۱۶ ٪ سولفات منیزیم	۹۴/۷ ± ۰/۸۸^{a}	۹۰ ± ۰/۵۸^{ab}	۸۵/۳ ± ۰/۸۸^{ab}	۷۹ ± ۰/۵۸^{a}	۷۳/۷ ± ۰/۸۸^{a}
۳۳ ٪ سولفات منیزیم	۹۱ ± ۱/۱۵^{a}	۸۷/۷ ± ۰/۸۸^{a}	۸۰ ± ۰/۵۸^{a}	۷۶/۷ ± ۰/۸۸^{a}	۷۴ ± ۰/۵۸^{a}
۵۰ ٪ سولفات منیزیم	۷۹ ± ۰/۵۸^{a}	۶۲/۳ ± ۰/۸۸^{a}	۵۴ ± ۲/۵۲^{a}	۴۶/۱ ± ۱/۱۵^{a}	۴۶ ± ۰/۸۸^{a}

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود تفاوت آماری معنی‌دار میان گروه‌ها است (آزمون توکی در سطح ۵ درصد)

رشد طولی موجودات آبزی از جمله سخت پوستان علاوه بر نوع تغذیه و کیفیت تغذیه به کیفیت آب نیز بستگی دارد. مطالعه Anderson و Hsu [۱۸] نشان داد که اندازه سخت پوست پریان میگو در دماهای ثابت وابسته به سختی آب است و با افزایش سختی آب، اندازه بدن پریان میگوها کاهش می‌یابد که با یافته های تحقیق حاضر مطابقت دارد. در مطالعه Gholamzadeh و همکاران [۱۹] نتایج عکسی را بیان کردند که با افزایش سختی طول کل پریان میگو افزایش یافته است اما در مطالعه حاضر با افزایش سختی طول بدن آرتمیا کاهش یافته است. همچنین مطالعه Agh و همکاران [۲۰] نشان دادند که طول بدن آرتمیا با افزایش شوری کاهش می‌یابد.

تاثیر منفی سدیم لوریل سولفات (SLS) بر روی رشد ناپلی آرتمیا توسط Ekonomou و همکاران [۲۸] به اثبات رسیده است. آنها نشان دادند که با افزایش غلظت SLS طول ناپلی آرتمیا کاهش داشته است. همچنین Deese و همکاران [۲۹] تاثیر منفی SLS بر روی رشد جنین آرتمیا را نشان دادند. مطالعه Van dam و همکاران [۱۵] نشان دادند که منیزیم یون سمی بر روی گونه های مورد مطالعه است. از طرفی آنها بیان کردند که سمیت منیزیم در کنار کلسیم با نسبت ۱۰:۱ یا ۹:۱ از کلسیم: منیزیم از بین می‌رود و نشان داده کلسیم اثر تسکین دهنده داشت. بنابراین از موارد یاد شده میتوان نتیجه گرفت که یون منیزیم می‌تواند سمی باشد اما سمیت آن وابسته به یون کلسیم است. بنابراین کمبود کلسیم نقش بسیار حیاتی برای موجودات زنده دارد.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج یافته‌های حاضر علاوه بر درجه حرارت، کیفیت و کمیت غذا فاکتور دخیل در سختی آب از جمله سولفات منیزیم بر اندازه بدن و بقای آرتمیا فرانسیسکانا تاثیر مستقیمی دارد. همچنین سولفات منیزیم با غلظت‌های بالا باعث کاهش رشد و بقاء آرتمیا شد. با توجه به نتایج بدست آمده مناطقی که دارای آبهای سولفات منیزیم بالا هستند بر میزان تفریخ سیست و رشد آبها تاثیر منفی خواهند داشت. بنابراین برای جبران این اثرات منفی باید روشهای اصلاحی برای بهبود میزان املاح آبهای حاوی سولفات منیزیم انجام داد.

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله نویسندگان سهم یکسانی داشتند. تمرکز اصلی نویسنده اول (قربان طاطار) بر انجام کارهای آزمایشگاهی و عملی بوده است. تمرکز نویسنده دوم (نصراله احمدی فرد) که نویسنده مسئول مقاله است و نویسنده سوم (رامین مناف فر) بیشتر بر یافتن روش‌ها، تجهیزات برای انجام کار و نوشتن مقاله بوده است. نظارت بر انطباق مقاله با فرمت مجله، نگارش و جمع‌آوری مطالب و مقالات و هماهنگی محتوایی مقاله را نیز بر عهده نویسنده مسئول مقاله بوده است. [۲, ۳۰]

تشکر و قدردانی *(اختیاری)*

شایسته است مراتب قدردانی خود را از دانشکده منابع طبیعی دانشگاه ارومیه برای فراهم نمودن امکانات لازم را اعلام دارم.

تعارض منافع

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.»

References

1. Gillis PL, Mitchell RJ, Schwalb AN, McNichols KA, Mackie GL, Wood CM, et al. Sensitivity of the glochidia (larvae) of freshwater mussels to copper: assessing the effect of water hardness and dissolved organic carbon on the sensitivity of endangered species. *Aquat Toxicol*. 2008;**88**(2):137-145. http://dx.doi.org/10.1016/j.aquatox.2008.04.003 http://ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18490065
2. Lacoul P, Freedman B. Relationship between aquatic plants and environmental factors among steep Himalayan altitudinal gradiant. *Aquat Bot*. 2006;**84**:3-16. http://dx.doi.org/10.1016/j.aquabot.2005.06.011
3. Menni RC, Gómez SE, López Armengol F. Subtle relationships: freshwater fishes and water chemistry in southern South America. Hydrobiologia 328. 1996:173-197.
4. Kim Y, Mo H, Son J. Interactive effects of water pH and hardness levels on the growth and reproduction of Crustacea: Ostracoda. *Hydrobiologia*. 2015;**1**:753-797. http://dx.doi.org/10.1007/s10750-015-2199-z
5. Markich SJ, King AR, Wilson SP. Non-effect of water hardness on the accumulation and toxicity of copper in a freshwater macrophyte (Ceratophyllum demersum): how useful are hardness-modified copper guidelines for protecting freshwater biota? *Chemosphere*. 2006;**65**(10):1791-1800. http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.04.024 http://ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16735056
6. Chand S, Levantis T. 'Dutch Disease and the Crime Epidemic: an investigation of the mineral boom in PNG'. *Aust J Agric Econ*. 2000;**44**(1):129-146. http://dx.doi.org/10.1111/1467-8489.00102
7. Kim SD, Gu MB, Allen HE, Cha DK. Physicochemical factors affecting the sensitivity of Ceriodaphnia dubia to copper. *Environ Monit Assess*. 2001;**70**(1-2):105-116. http://dx.doi.org/10.1023/a:1010689432130 http://ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11516008
8. Pyle GG, Swanson SM, Lehmkuht DM. The influence of water hardness, pH and suspended solids on nickel toxicity to larva fathead minnows (Pimephales promelas). *Water Air Soil Pollut*. 2002;**133**:215-220.
9. Rathor RS, Khangarot BS. Effects of water hardness and metal concentration on a fresh water Tubifex Tubifex muller. *Water Air Soil Pollut*. 2003;**142**:341-356. http://dx.doi.org/10.1023/A:1022016021081
10. Martins RJ, Pardo R, Boaventura RA. Cadmium(II) and zinc(II) adsorption by the aquatic moss Fontinalis antipyretica: effect of temperature, pH and water hardness. *Water Res*. 2004;**38**(3):693-699. http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2003.10.013 http://ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14723939
11. Vedamanikam VJ, Shazilli NA. Comparative toxicity of nine metals to two Malaysian aquatic dipterian larvae with reference to temperature variation. *Bull Environ Contam Toxicol*. 2008;**80**(6):516-520. http://dx.doi.org/10.1007/s00128-008-9413-x http://ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18414763
12. Greenaway P. Calcium balance and moulting in crustacea. *Biol Rev*. 1985;**60**:425-454. http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-185X.1985.tb00424.x
13. Bayrami A, Abtahi B, Farajzadeh M, Mohammadi M, Rahnama M, Haghdosht M. Measurement of salinity and values of major water ions in the southeast of the Caspian Sea. (Persian). *J Mar Sci Technol*. 2003;**2**(2):21-27.
14. Sorgeloos P, Lavens P, Leger Ph, Tackaert W, Versichele D. Manual for the Culture and Use of Brine Shrimp Artemia in Aquaculture. Laboratory of Mariculture, State University of Ghent. 1986:1-32.
15. Van Dam RA, Hogan AC, Mccullough CD, Houston MA, Humphrey CL, Harford AJ. Aquatic toxicity of magnesium sulfate, and the influence of calcium, in very low ionic concentration water. *Environ Toxicol Chem*. 2010;**29**:410-421. http://dx.doi.org/10.1002/etc.56
16. Luo S, Wu B, Xiong X, Wang J. Effects of Total Hardness and Calcium: Magnesium Ratio of Water during Early Stages of Rare Minnows (Gobiocypris rarus). *Comp Med*. 2016;**66**(3):181-187.

17. Rezaee tavabe K, Rafiee G, Shoeiri M, frinsko M, Daniels H. Effects of Water Hardness and Calcium: Magnesium Ratios on Reproductive Performance and Offspring Quality of Macrobrachium rosenbergii. *J World Aquac Soc*. 2015;**46**(5):1-12. http://dx.doi.org/10.1111/jwas.12217
18. Anderson G, Hsu SY. Growth and maturation of a North American fairy shrimp, Streptocephalus seali (Crustacea: Anostraca): a laboratory study. *Freshw Biol*. 1990;**24**:429-442. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2427.1990.tb00722.x
19. Gholamzadeh P, Tavabe KR, Rafiee G, Seidgar M. Investigation of different levels of glycerol on cyst hatching percentage, total length and survival of Phallocryptus spinosa and Artemia franciscana. *Int J Aquat Biol*. 2019;**6**(4):235-241.
20. Agh N, Van Stappen G, Bossier P, Sepehri H, Lotfi V, Rouhani SM, et al. Effects of salinity on survival, growth, reproductive and life span characteristics of Artemia populations from Urmia Lake and neighboring lagoons. *Pak J Biol Sci*. 2008;**11**(2):164-172.
http://dx.doi.org/10.3923/pjbs.2008.164.172
http://ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18817185
21. Jamali H, Ahmadifard N, Noori F, Gisbert E, Estevez A, Agh N. Lecithin-enriched Artemia combined with inert diet and its effects on reproduction and digestive enzymes of Aequidens rivulatus. *Aquaculture*. 2019;**511**:734253.
http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734253
22. Coutteau P, Brendonck L, Lavens P, Sorgeloos P. The use of manipulated baker's yeast as an algal substitute for the laboratory culture of Anostraca. *J Hydrobiologia*. 1992;**234**:25-32. http://dx.doi.org/10.1007/BF00010776
23. Lavens P, Sorgeloos P. Manual on the Production and Use of Live Food for Aquaculture. FAO Fisheries Technical Paper. 1996;**361**:196-251.
24. Van Stappen G. Introduction, biology and ecology of Artemia and use of cysts. In Lavens P, Sorgeloos P (eds) Manual on the production and use of live food for aquaculture. *FAO Fisheries Technical Paper*. 1996;**361**:101-170.
25. Hadjispyrou S, Kungolos A, Anagnostopoulos A. Toxicity, bioaccumulation, and interactive effects of organotin, cadmium, and chromium on Artemia franciscana. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2001;**49**(2):179-186. http://dx.doi.org/10.1006/eesa.2001.2059 http://ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11386732
26. Sarabia R, Del RJ, Varo I, Diaz-Mayans J, Torreblanca A. Comparing the acute response to cadmium toxicity of nauplii from different populations of Artemia. *Environ Toxicol Chem*. 2002;**21**(2):437-444. http://ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11833813
27. Nejatkhah P, Negarestan H, Nazli Akbari H. Effects of zinc and copper exposure on growth and survival of Artemia urmiana and Artemia franciscana (Persian). *Iran J Fish Sci*. 2007;**16**(3):123-132.
28. G. E, J. C-C, C. N, Aifanti S, Kokioumi D, A. E. Effect of Sodium lauryl sulfate (SLS) on Artemia franciscanan (Kellogg, 1906) nauplii. 3st International Congress of Applied Ichthyology & Aquatic Environment, Volos, HydroMedit. 2018:545-549.
29. Deese RD, Weldeghiorghis TK, Haywood BJ, Cook RL. Influence of surfactants and humic acids on Artemia Franciscana's embryonic phospho-metabolite profile as measured by (31)P NMR. *Aquat Toxicol*. 2017;**186**:188-195.
http://dx.doi.org/10.1016/j.aquatox.2017.02.026
http://ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28285196
30. Bonga W. Effects of Total Hardness and Calcium: Magnesium Ratio of Water during Early Stages of Rare Minnows (Gobiocypris rarus). *Comp Medv*. 1983;**66**(3):1-15.

AUTHOR(S) BIOSKETCHES

Tatar, Gh. Graduated Student, Department of fisheries, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran

✉ *ghorbantatar@gmail.com* 0000-0003-4008-1450

Ahmadifard, N. Associate Professor, Department of fisheries, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran

✉ *n.ahmadifard@urmia.ac.ir* 0000-0003-2212-0188

Manaffar, R., Associate Professor, Department of fisheries, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran

✉ *r.manaffar@urmia.ac.ir* 0000-0002-6818-0760

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Citation (Vancouver) *Tatar G, Ahmadifard N, Manaffar R. The Effect of Different Level of Magnesium Sulfate on Hatching of Cyst and Survival and Growth of Artemia franciscana. J Oceanography. 2022; 12(48): 25-34.*

http://doi.org/10.52547/joc.12.48.25

http://joc.inio.ac.ir/article-1-1573-fa.html

https://orcid.org/0000-0002-8311-5238

COPYRIGHTS

©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.