magiran.com

اثر سختی و کدورت آب بر رشد جمعیت و هم‌آوری زئوپلانکتون آنتن منشعب آب شیرین *Moina macrocopa* (Straus, 1820)

امیدوار فرهادیان [۱]*؛ محمد حسین خانجانی [۲] و علی عسکر فرهادیان [۳]
omfarhad@cc.iut.ac.ir
۱ و ۲- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، صندوق پستی: ۸۳۱۱۱-۸٤۱٥٦
۳- اداره کل منابع طبیعی و امور دام استان اصفهان، مرکز تکثیر و پرورش آبزیان اصفهان

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۸۸ تاریخ پذیرش: مهر ۱۳۸۹

چکیده

سختی و کدورت آب از فاکتورهای مهم در پرورش زئوپلانکتونها بخصوص آنتن منشعب‌ها (Cladocera) می‌باشند زیرا بر رشد و پارامترهای تولید مثلی زئوپلانکتونها اثر دارند. در این تحقیق تاثیرات سختی و کدورت بر رشد و هم‌آوری آنتن منشعب *Moina macrocopa* (Branchiopoda: Anomopoda) با پرورش و تغذیه روی جلبک سبز *Scenedesmus quadricauda* مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای آزمایشی برای سختی کل صفر، ۲۰، ۴۰ و ۸۰ میلیگرم کربنات کلسیم در لیتر و برای کدورت صفر، ۲۰، ۴۰ و ۸۰ NTU (Nephelometric Turbidity Unit) استفاده شد. آزمایشها در فلاسکهای ۵۰۰ میلی‌لیتری با تراکم آغازین کشت ۱۵ فرد *M. macrocopa* در هر فلاسک در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی و با سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که *M. macrocopa* پس از ۱۰ روز، بالاترین تراکم جمعیت (۳۷۰/۵-۳۶۵ فرد)، میزان رشد ویژه (۰/۳۵ در روز) و کوتاهترین زمان دو برابر شدن جمعیت (۱/۹۸ روز) در سختی صفر تا ۲۰ میلیگرم کربنات کلسیم در لیتر بدست آمد که اختلاف معنی‌داری را با سایر تیمارها نشان داد ($P<0/05$). بطور مشابهی، بالاترین تراکم جمعیت (۳۲۵/۵-۲۹۶ فرد در فلاسک) در کدورت صفر و NTU ۲۰، بالاترین میزان رشد ویژه (۰/۳۳ در روز) وکوتاهترین زمان دو برابر شدن جمعیت (۲/۱ روز) در کدورت صفر NTU بدست آمد، که اختلاف معنی‌داری را با سایر تیمارها نشان داد ($P<0/05$). در مقابل، بیشترین هم‌آوری *M. macrocopa* در سختی ۲۰ میلیگرم کربنات کلسیم در لیتر وکدورت صفر NTU بدست آمد که اختلاف معنی‌داری را با سایر تیمارها نشان داد ($P<0/05$). بطورکلی، یافته‌های این تحقیق نشان داد که رشد وتولید درگونه *M. macrocopa* در آبهای شیرین با سختی کمتر از ۲۰ میلیگرم کربنات کلسیم در لیتر و کدورت آب کمتر از NTU ۲۰ عملکرد بهتری دارد. بنابراین این گونه را می‌توان برای ارزیابی زیستگاههای آبی با سختی وکدورت بالا استفاده نمود. علاوه بر این، کشت انبوه این گونه در این شرایط مناسب می‌تواند توده زنده زئوپلانکتونی را برای تغذیه لارو ماهیان فراهم نماید.

لغات کلیدی: *Moina macrocopa*، پرورش، غذای زنده، رشد ویژه، کیفیت آب

* نویسندهٔ مسئول

magiran.com

مقدمه

آنتن منشعب‌ها (Cladocera) با تولید مثل پارتنوژنز و چرخه تولید مثل کوتاه مدت از مهمترین زئوپلانکتونهای آبهای شیرین هستند. با توجه به پراکنش وسیع آنها و سهولت پرورش در محیطهای آزمایشگاهی استفاده از این ارگانیسم‌ها در تغذیه آبزیان و ارزیابی کیفیت آب با آزمایشهای سم‌شناسی (Toxicology) رایج است (Baillieul *et al*, 1993 ;Nebeker *et al*., 1988).

گونه‌های جنس *Moina* از زئوپلانکتونهای آب شیرین هستند که غذای زنده متداول برای لارو ماهیان پرورشی و تزئینی (Lim *et al*., 2003 ;Shepherd & Bromage, 1992) و تغذیه لارو کپور ماهیان استفده می‌شود (Fermin & Recometa, 1988 ; Jana &Chakrabarti, 1993).

بدست آوردن اطلاعات علمی دقیق از نیازهای محیطی گونه‌های مختلف آنتن منشعب‌ها در پرورش و کار با آنها بسیار ضروری است. سختی و کدورت از جمله پارامترهای مهمی هستند که روی رشد گونه‌های آنتن منشعب‌ها تاثیر دارند (Terra & Feiden, 2003 ;Scholtz *et al*., 1988). سختی کل که غلظت تمام یونهای فلزی (عمدتاً کلسیم و منیزیم) است بصورت میلیگرم کربنات کلسیم بر لیتر بیان می‌شود. آبهای مستعد جهت پرورش ماهی بایستی دارای سختی نسبتاً مناسبی بین صفر تا ۷۵ میلیگرم کربنات کلسیم در لیتر باشد (Romaire, 1985; Sawyer & McCarty, 1978). Terra و Feiden در سال ۲۰۰۳ بیان کردند که سختی آب بین ۱۰ تا ۲۵۰ میلیگرم کربنات کلسیم در لیتر روی تولید مثل گونه *Daphnia magna* تاثیر معنی‌داری ندارند. از سوی دیگر، کدورت آب شاخصی برای سنجش میزان نفوذ نور در آب است که ناشی از مواد محلول و معلق در آب مانند ذرات رس، مواد دفعی، گل ولای، پلانکتونها، ترکیبات رنگی و غیره می‌باشد و هر چه مقدار این مواد در آب بیشتر باشد میزان کدورت افزایش می‌یابد. کدورت برحسب واحد NTU (Nephelometric Turbidity Unit) قابل اندازه‌گیری است که هر NTU را با توجه به معادله {(میلی‌گرم در لیتر) ۱۰+۰/۱۷۸ = NTU} که توسط Sigler و همکاران در سال ۱۹۸۴ ارائه شده است می‌توان برحسب کل ذرات معلق (Total Suspended Solids) برحسب میلیگرم در لیتر تبدیل کرد.

بطور کلی بسیاری از عکس العمل‌هایی که آنتن منشعب‌ها به شرایط محیطی از جمله سختی و کدورت از خود نشان می‌دهند را می‌توان با سایر آبزیان مقایسه نمود (Gersich & Mayes, 1986; Dillon & Burton, 1991). برای مثال *Daphnia pulex* و *Daphnia barbata* در کدورت‌های ۴۵ تا ۴۷ و ۸۰ تا ۱۰۰ میلیگرم در لیتر از ذرات معلق آب بالاترین تراکم جمعیت را نشان می‌دهند (Scholtz *et al*., 1988).

هدف از انجام این تحقیق، بررسی عکس‌العمل گونه کلادوسر آب شیرین *M. macrocopa* به سطوح مختلف سختی و کدورت آب در شرایط آزمایشگاهی با تاکید بر میزان رشد و تولید در جمعیت و میزان هم‌آوری آنها می‌باشد.

مواد و روش کار

جلبک سبز *Scenedesmus quadricauda* با استفاده از محیط کشت BBM (bold's basal medium) براساس ترکیبات بیان شده توسط Nichols و Bold در سال ۱۹۶۵ در فلاسکهای ۲ لیتری کشت گردید. شرایط پرورش این گونه جلبک در این تحقیق شامل آب شیرین فیلتر و اتوکلاو شده، دمای آب ۲۷ درجه سانتیگراد، دوره زمانی ۱۶ ساعت نور و ۸ ساعت تاریکی، شدت نور ۵۰ میکرومول فوتون بر مترمربع بر ثانیه، pH برابر ۶/۹ در آغاز کشت و اکسیژن محلول بالای ۵ میلیگرم در لیتر بود. برداشت جلبک بعد از رسیدن به مرحله رشد سریع، در روز ۱۰ کشت، با استفاده از دستگاه سانتریفوژ (Centurion Scientific Ltd. ، آلمان) در سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه برای مدت ۵ دقیقه با استفاده از ظروف ۵۰ میلی‌لیتری انجام شد. جلبک‌ها بعد از جمع‌آوری در دمای ۴ درجه سانتیگراد تا زمان تغذیه *M. macrocopa* در آزمایش اصلی نگهداری شد. تعیین تراکم جلبک و کنترل میزان آن در دوره آزمایش، با استفاده از لام هموسیتومتری (میلیمتر۰/۲ × میلیمترمربع ۰/۰۶۲۵) و میکروسکوپ معکوس (Ceti ساخت کشور بلژیک با بزرگنمایی ۴۰) براساس روش Martinez و Chakroff در سال ۱۹۷۵ بعد از تثبیت نمونه‌ها در محلول لوگول ایدین (مقدار ۰/۱ میلی‌لیتر در هر ۳ میلی‌لیتر نمونه) انجام شد.

ذخیره *M. macrocopa* با جداسازی یک فرد پارتنوژنیک از این گونه (جمع‌آوری شده از استخرهای کپور ماهیان، مرکز تکثیر و پرورش آبزیان جهاد اصفهان، واقع در منطقه کرسگان از توابع شهرستان فلاورجان) و قرار دادن در فلاسک با حجم ۳۰۰ میلی‌لیتری و غذادهی با استفاده از *S. quadricauda* در تراکم 10^5 × ۵ سلول در میلی‌لیتر انجام شد. فلاسک آزمایشی دارای گونه مورد مطالعه بطور دقیق با جمع‌آوری پوسته‌ها و غذاهای رسوب کرده و خورده نشده هر دو روز یکبار قبل از تغذیه مورد

magiran.com

مراقبت و نگهداری ویژه قرار گرفت. بعد از ۳ هفته در دمای ۲۷ درجه سانتیگراد ذخیره *M. macrocopa* به اندازه کافی و مورد نیاز جهت انجام آزمایشهای مورد نظر فراهم گردید.

در این تحقیق دو آزمایش در تابستان ۱۳۸۶ در آزمایشگاه گروه شیلات دانشکده منابع طبیعی در دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. در آزمایش اول اثرسختی‌های مختلف آب در سه سطح صفر، ۲۰، ۴۰ و ۸۰ میلیگرم کربنات کلسیم بر لیتر و در آزمایش دوم کدورت در چهار سطح مختلف صفر،۲۰، ۴۰ و ۸۰ NTU معادل با صفر، ۵۶/۲، ۱۶۸/۵ و ۳۹۳/۳ میلیگرم در لیتر ذرات معلق بر پارامترهای پرورشی *M. macrocopa* بطور جداگانه انجام شد. هر دو آزمایش، در فلاسکهای ۵۰۰ میلی‌لیتری با تراکم آغازین کشت ۱۵ فرد *M. macrocopa* در هر فلاسک در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی و با سه تکرار انجام شد.

تغذیه با جلبک سبز *S. quadricauda* با تراکم ۵×۱۰^۵ سلول در میلی لیترانجام شد. تراکم جمعیت *M. macrocopa* در واحدهای آزمایشی هر سه روز یکبار و میزان همآوری هر چهار روز یکبار تعیین گردید. آزمایش در یک دوره ۱۳ روزه برای تاثیر روی تراکم و رشد و یک دوره ۱۵ روزه برای تاثیر بر همآوری، برای هر تیمار تنظیم گردید.

واحدهای آزمایشی در شرایط پرورش شامل اکسیژن محلول ۷ تا ۸ میلیگرم در لیتر، pH برابر با ۷ تا ۸/۶ و شدت نور ۵۰ میکرومول فوتون بر مترمربع در ثانیه نگه‌داری گردید. اکسیژن محلول و دما با استفاده از اکسیژن‌متر دارای دماسنج (YSI 57) و pH با pHمتر اندازه‌گیری شد. کدورت‌های مختلف با استفاده از کاولین (Kaolin) ساخته شد و با استفاده از کدورت سنج (Cole-Palmer 3391-45)، ساخت کانادا اندازه‌گیری گردید. برای ساختن میزان سختی کل از اضافه کردن مقدار مورد نیاز کربنات کلسیم به آب مقطر استفاده شد.

میزان رشد ویژه جمعیت (SGR) در *M. macrocopa* از طریق فرمول ارائه شده توسط Omori و Ikeda در سال ۱۹۸۴ بشرح زیر محاسبه گردید:

$$SGR = \frac{\ln Nt - \ln No}{T}$$

SGR = سرعت رشد *M. macrocopa*

N_t = جمعیت نهایی کلادوسر بعد از زمان T

N_o= جمعیت اولیه کلادوسر در آغاز معرفی به محیط کشت (۱۵ فرد در هر فلاسک)

همچنین، زمان دو برابرشدن جمعیت (Doubling time) (D_t) را براساس فرمول ارائه شده توسط James و Al-Khars در سال ۱۹۸۶ بشرح زیر مورد محاسبه قرار گرفت:

$$Dt = \frac{1}{SGR}(\log_e 2)$$

در این رابطه :

D_t = زمان دوبرابر شدن جمعیت *M. macrocopa*

SGR = میزان رشد ویژه جمعیت *M. macrocopa*

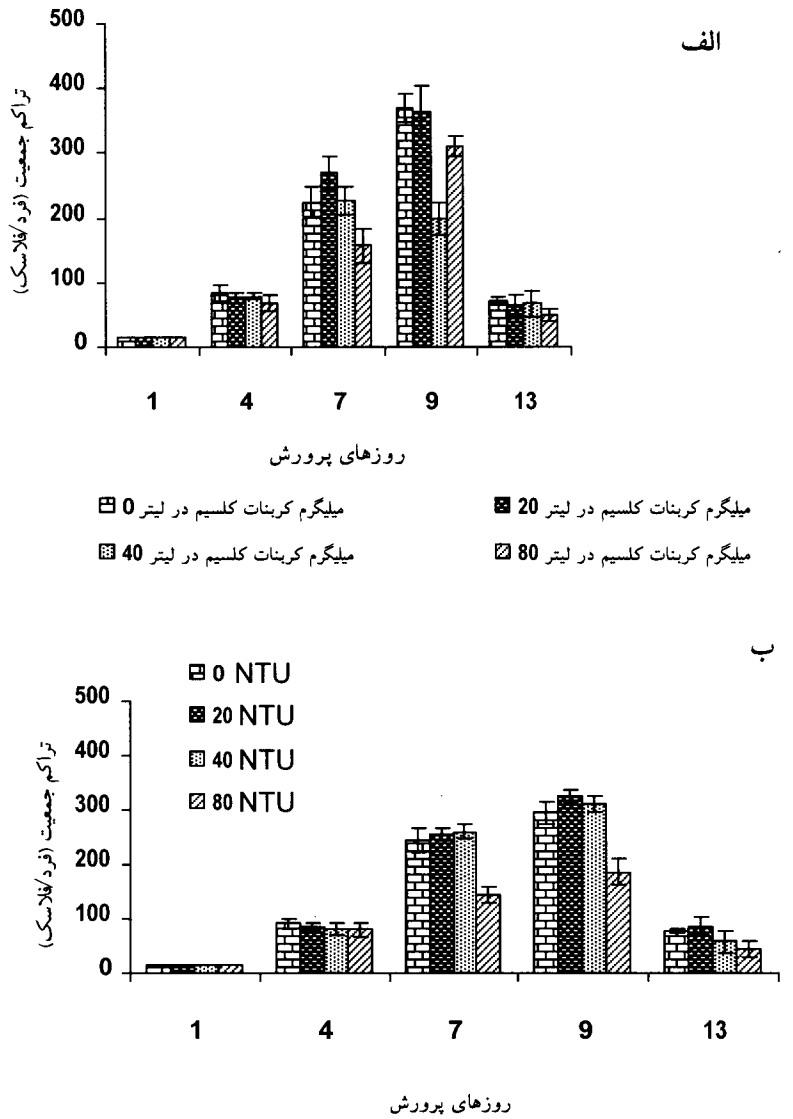
داده‌ها با استفاده از آنالیز واریانس یکطرفه مورد تجزیه آماری قرارگرفت. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح معنی‌دار ۵ درصد استفاده شد. مفروضات تجزیه واریانس (توزیع نرمال خطاها، واریانس مساوی خطاها، عدم ارتباط متقابل بین تیمارها و مستقل بودن خطاها در تکرارها) در بین داده‌ها برقرار بود و برای اطمینان بیشتر از نرمال بودن داده‌ها قبل از آنالیز واریانس تبدیل داده‌ها به Arc-sin انجام شده و آنگاه آنالیز واریانس روی آنها انجام شد (Zar, 1984). عملیات آماری با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS انجام شد.

نتایج

تراکم جمعیت *M. macrocopa* در روزهای مختلف پرورش طی یک دوره ۱۳ روزه در سطوح مختلف سختی و کدورت در نمودار ۱ ارائه شده است. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری در تراکمهای مختلف *M. macrocopa* در سطوح مختلف سختی وجود دارد ($P<۰/۰۵$). بالاترین میزان تراکم (± خطای استاندارد) (۳۷۰/۵±۲۱/۵) در سختی صفر میلیگرم کربنات کلسیم بر لیتر و در روزدهم آزمایش بدست آمد که در مقایسه با تیمار با سختی ۲۰ میلیگرم کربنات کلسیم بر لیتر تفاوت معنی‌داری نداشت (نمودار ۱- الف، $P>۰/۰۵$). از سوی دیگر، نتایج ارائه شده در نمودار ۱-ب تفاوت معنی‌داری در تراکمهای *M. macrocopa* در سطوح مختلف کدورتی را نشان می‌دهد ($P<۰/۰۵$). بیشترین تراکم جمعیت (± خطای استاندارد) (۳۲۵/۵±۱۰/۸) در کدورت ۲۰ NTU (معادل ۵۶/۲ میلیگرم در لیتر ذرات معلق) در روز دهم آزمایش بدست آمده با تیمار کدورت صفر تفاوت معنی‌داری نداشت (نمودار ۱-ب). اندازه‌گیری میزان تراکم در سختی‌ها و کدورت‌های آزمایش شده حاکی از آن است که در روز سیزدهم آزمایش تراکم جمعیت کاهش معنی‌داری در مقایسه با روز دهم از خود نشان می‌دهد (نمودار ۱).

magiran.com

میزان رشد ویژه (SGR) و زمان دو برابر شدن جمعیت (D_t) در سختی‌ها و کدورت‌های مختلف در روزهای پرورش به تفکیک در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است. نتایج حاکی از آن است که بالاترین SGR (۰/۵۰±۰/۵۸ در روز) و کمترین D_t (۱/۲در روز) در سختی صفر در روز چهارم آزمایش بدست آمد (جدول ۱). در حالیکه از نظر کدورت آب، تیمار صفر دارای بیشترین SGR (۰/۲۴ ±۰/۶۰) و کمترین D_t (۱/۱۵ روز) در روز چهارم آزمایش بود (جدول ۲).



نمودار ۱: تراکم جمعیت *M. macrocopa* پرورش داده شده در سطوح گوناگون سختی (الف) و کدورت (ب) آب در هر ظرف کشت. داده ها میانگین (± خطای استاندارد) برای سه تکرار می‌باشد. در هر روز پرورش میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه از نظر آماری با آزمون دانکن در سطح معنی‌دار ۵ درصد با هم اختلاف ندارند (P>۰/۰۵).

magiran.com

جدول ۱: تاثیر سختی آب بر میانگین (± خطای استاندارد) رشد ویژه (SGR) و زمان دو برابر شدن جمعیت (D_t) در *M. macrocopa* در دوره آزمایش

	روزهای آزمایش	سختی آب (میلیگرم کربنات کلسیم در لیتر)			
		صفر	۲۰	٤۰	۸۰
میزان رشد ویژه (SGR) (در روز)	٤	۰/۵۸±۰/۵۰ ^{a}	۰/۵٤ ±۰/۳۳ ^{ab}	۰/۵۵ ±۰/۲۲ ^{ab}	۰/۵۰±۰/٤۷ ^{b}
	۷	۰/٤۵±۰/۳۵ ^{ab}	۰/٤۸ ±۰/۳٦ ^{a}	۰/٤۵±۰/۳٤ ^{ab}	۰/۳۹±۰/۳۸ ^{b}
	۱۰	۰/۳۵±۰/۲۳ ^{a}	۰/۳۵±۰/۲۹ ^{a}	۰/۲۸±۰/۲٤ ^{b}	۰/۳۳ ±۰/۱۹ ^{ab}
	۱۳	۰/۱۳ ±۰/۰٦ ^{a}	۰/۱۲±۰/۱٤ ^{a}	۰/۱۲±۰/۱۷ ^{a}	۰/۱۰ ±۰/۱۰ ^{b}
زمان دو برابرشدن جمعیت (D_t) (روز)	٤	۱/۲۰ ^{c}	۱/۲۸ ^{b}	۱/۲۵ ^{b}	۱/۳۸ ^{a}
	۷	۱/۵۳ ^{b}	۱/٤۳ ^{c}	۱/۵٤ ^{b}	۱/۷۷ ^{a}
	۱۰	۱/۹۸ ^{c}	۱/۹۸ ^{c}	۲/٤۷ ^{a}	۲/۱۰ ^{b}
	۱۳	۵/۳۰ ^{c}	۵/۷٤ ^{b}	۵/۷٤ ^{c}	٦/۹۳ ^{a}

- در هر ردیف میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه از نظر آماری با آزمون دانکن در سطح معنی‌دار ۵ درصد با هم اختلاف ندارند (P>۰/۰۵).

جدول ۲: تاثیر کدورت آب روی میانگین (± خطای استاندارد) رشد ویژه (SGR) وزمان دو برابر شدن جمعیت *M. macrocopa* در دوره آزمایش

	روزهای آزمایش	کدورت آب NTU			
		صفر	۲۰	٤۰	۸۰
میزان رشد ویژه (SGR) (در روز)	٤	۰/٦۰±۲٤۰ ^{a}	۰/۵۸±۰/۳۹ ^{a}	۰/۵٦±۰/٤٤ ^{b}	۰/۵٦±۰/۵۲ ^{b}
	۷	۰/٤٦±۰/۳۵ ^{a}	۰/۳۷ ±۰/۸٤ ^{b}	۰/٤۷±۰/۲٦ ^{a}	۰/۳۷ ±۰/۲۹ ^{b}
	۱۰	۰/۳۳±۰/۲۱ ^{a}	۰/۲۸±۰/۱۵ ^{b}	۰/۳۳±۰/۱۷ ^{a}	۰/۲۸±۰/۲٤ ^{b}
	۱۳	۰/۱٤±۰/۰٦ ^{a}	۰/۰۹±۰/۱٤ ^{c}	۰/۱۱±۱۷۰ ^{b}	۰/۰۹±۰/۱٤ ^{c}
زمان دوبرابرشدن جمعیت (D_t) (روز)	٤	۱/۱۵ ^{b}	۱/۲۰ ^{ab}	۱/۲۳ ^{a}	۱/۲۳ ^{a}
	۷	۱/۵۰ ^{b}	۱/۸۷ ^{a}	۱/٤۷ ^{bc}	۱/۸۷ ^{a}
	۱۰	۲/۱۰ ^{b}	۲/٤۸ ^{a}	۲/۱۰ ^{b}	۲/٤۸ ^{a}
	۱۳	٤/۹۵ ^{c}	۷/۷۰ ^{a}	٦/۳۰ ^{b}	۷/۷۰ ^{a}

- در هر ردیف میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه از نظر آماری با آزمون دانکن در سطح معنی‌دار ۵ درصد با هم اختلاف ندارند (P>۰/۰۵).

نتایج بدست آمده از میزان همآوری *M. macrocopa* در کدورت و سختی‌های آزمایش شده آب در جداول ۳ و ۴ ارائه شده است. بالاترین میزان همآوری بطور روزانه و در کل دوره آزمایش تعیین گردید. در تیمار سختی ۲۰ میلیگرم کربنات کلسیم در لیتر و کدورت صفر NTU میزان همآوری (± خطای استاندارد) در روز یازدهم بترتیب ۵/۷±۰/۵ و ۵/۸±۰/۶۵ بدست آمد که بالاترین مقادیر بدست آمده طی روزهای آزمایش بودند. علاوه بر این، هماوری کل (± خطای استاندارد) *M. macrocopa* در دوره ۱۵ روزه آزمایش بترتیب در سختی‌های صفر، ۲۰، ۴۰ و ۸۰ میلیگرم کربنات کلسیم در لیتر ۱۲/۵۰±۲/۳۰، ۱۵/۰۶±۲/۵۶، ۱۳/۷۲±۲/۳۰ و ۹/۴۵±۲/۰۱ فرد بدست آمد (جدول ۳)، در حالیکه این مقادیر (± خطای استاندارد) در کدورت‌های صفر، ۲۰، ۴۰ و ۸۰ NTU بترتیب ۱۴/۹۷±۱/۶۵، ۱۳/۱۶±۱/۸۸، ۱۱/۹۵±۲/۲۵ و ۷/۳۳±۲/۱ بدست آمد (جدول ۴).

magiran.com

جدول ۳: تاثیر سختی آب بر میانگین (± خطای استاندارد) هم‌آوری *M. macrocopa* در دوره آزمایش

روزهای آزمایش	سختی آب (میلیگرم در لیتر کربنات کلسیم)			
	صفر	۲۰	۴۰	۸۰
۳	۱/ ۸۵ ±۱/۰۲ ^{bc}	۲/۳٤ ±۱/۱۲ ^{a}	۱/۸ ±۰/۸۵ ^{bc}	۱/۰۲ ±۰/۷٤ ^{c}
۷	۳/۸۵ ±۰/۳٤ ^{b}	٤/٦۸ ±۰/٤۸ ^{a}	٤/ ۸٤ ±۰/٤۷ ^{a}	۲/۹٤ ±۰/۳٦ ^{c}
۱۱	٤/۹۰±۰/۵۱ ^{b}	۵/۷۰ ±۰/۵۰ ^{a}	٤/۳۰ ±۰/۵۷ ^{ab}	٤/۰۱ ±۰/۳٦ ^{d}
۱۵	۱/۹۰±۰/٤۲ ^{c}	۲/۳۵±۰/۵٦ ^{b}	۲/۷۸ ±۰/٤۰ ^{a}	۱/٤۸ ±۰/۵۵ ^{d}
هماوری کل دوره پرورش	۱۲/۵ ±۲/۳ ^{c}	۱۵/۰٦ ±۲/۵٦ ^{a}	۱۳/۷۲ ±۲/۳۰ ^{b}	۹/٤۵ ±۲/۰۱ ^{d}

در هر ردیف میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه از نظر آماری با آزمون دانکن در سطح معنی‌دار ۵ درصد با هم اختلاف ندارند (P>۰/۰۵).

جدول ٤: اثر کدورت آب بر میانگین (± خطای استاندارد) هم‌آوری *M. macrocopa* در دوره آزمایش

روزهای آزمایش	کدورت آب NTU			
	صفر	۲۰	٤۰	۸۰
۳	۲/۲۰ ±۰/۱۵ ^{a}	۱/۵۰ ±۰/۷۸ ^{b}	۱/۲۸ ±۰/۸٦ ^{c}	۱/۲ ±۰/۷۲ ^{c}
۷	٤/۳۵ ±۰/٤۵ ^{ab}	٤ ±۰/۳ ^{b}	٤/٤۵ ±۰/۵۰ ^{a}	۲/٤۷ ±۰/٤۸ ^{c}
۱۱	۵/۸۰ ±۰/٦۵ ^{a}	۵/٤٦ ±۰/۵۲ ^{b}	٤/۹۲ ±۰/٤٤ ^{c}	۲/۲۳ ±۰/۳۸ ^{d}
۱۵	۲/٦۵ ±۰/٤۰ ^{a}	۲/۲۰ ±۰/۲۸ ^{b}	۱/۳۰ ±۰/٤۵ ^{dc}	۱/٤۰±۰/۵۲ ^{c}
هماوری کل دوره پرورش	۱٤/۹۷ ±۱/٦۵ ^{a}	۱۳/۱٦ ±۱/۸۸ ^{b}	۱۱/۹۵ ±۲/۲۵ ^{c}	۷/۳۰ ±۲/۱۰ ^{d}

در هر ردیف میانگین های دارای حداقل یک حرف مشابه از نظر آماری با آزمون دانکن در سطح معنی‌دار ۵ درصد با هم اختلاف ندارند (P>۰/۰۵).

بحث

یافته‌های این تحقیق نشان داد که کلادوسر آب شیرین *M. macrocopa* در آبهای با سختی‌های صفر، ۲۰، ۴۰ و ۸۰ میلیگرم کربنات کلسیم در لیتر رشد و تولید مثل دارد، اما در سختی صفر و ۲۰ میلیگرم کربنات کلسیم در لیتر بالاترین میزان رشد و کمترین زمان دو برابر شدن جمعیت را نشان داد. این نتایج قابل مقایسه با گزارش سایر محققین از جمله Terra و Feiden در سال ۲۰۰۳ می‌باشد که آنها بیان کردند که تولید مثل و تکامل *Daphnia magna* در سختی‌های ۱۰ تا ۲۵۰ میلیگرم کربنات کلسیم در لیتر انجام می‌پذیرد و همچنین تاکید کردند که سختی‌های مختلف بر تکامل آنتن منشعب‌ها در محدوده وسیعی تاثیرگذار است. به همین ترتیب Paulauskis و Winner در سال ۱۹۸۸ بیان کردند که میزان بقاء و تولید مثل *D. magna* در سختی‌های مختلف تفاوت قابل ملاحظه‌ای را نشان نمی‌دهد، اما بیشترین میزان هم‌آوری در سختی ۱۹۷ میلیگرم کربنات کلسیم در لیتر بدست می‌آید. از سوی دیگر Pursly و Wolter در سال ۱۹۸۹، حداقل سختی، مورد نیاز برای رشد اغلب گونه‌های ماهی را ۱۰۰ میلیگرم کربنات کلسیم

magiran.com

در لیتر بیان کردند. De la Bretonne و همکاران در سال ۱۹۶۹ بیان کردند که پرورش خرچنگ در آبهای با حداقل سختی معادل ۱۰۰ میلیگرم کربنات کلسیم در لیتر انجام می شود. Boyd و Wally در سال ۱۹۷۵ سختی مطلوب برای پرورش ماهی را ۲۰ تا ۳۰۰ میلیگرم کربنات کلسیم در لیتر گزارش کردند. یکی از دلایل اصلی تفاوت بین نتایج این تحقیق در مقایسه با منابع موجود به نوع گونه کلادوسر مربوط است. حساسیت کلادوسرها به سختی آب با توجه به نوع گونه متفاوت است. گونه‌هایی مانند *D. magna* و *Ceriodaphnia dubia* در سختی‌های بالاتر از ۲۰۰ میلیگرم کربنات کلسیم در لیتر بخوبی رشد می‌نمایند در حالیکه این گونه‌ها در سختی‌های کمتر از ۵ و ۳۸ میلیگرم کربنات کلسیم در لیتر دچار مرگ و میر می‌شوند (Cowgill & Milazzo, 1991).

نتایج بدست آمده از رشد و تولید مثل *M. macrocopa* در سطوح مختلف کدورت در این تحقیق نشان داد که اگر چه در کدورت‌های صفر، ۲۰، ۴۰ و۸۰ NTU این گونه قادر به رشد و تولید مثل می‌باشد اما بالاترین میزان رشد و تولید در جمعیت در کدورت صفر بدست آمد. از مهمترین دلایل کاهش رشد در کدورت‌های بالا مشکلات دسترسی به غذا می‌باشد.

Scholtz و همکاران در سال ۱۹۸۸ بیان کردند که گونه‌های جنس *Moina* بخصوص *M. macrocopa* در فصل تابستان که آب استخرهای پرورشی دارای حداقل ذرات معلق است (معمولاً کمتر از ۱۰۰ میلیگرم در لیتر) دارای تراکم بالاتری در مقایسه با سایر فصول با کدورت بالا می‌باشد. این رفتار *M. macrocopa* مشابه گونه *D. pulex* است. علت عدم رشد مناسب *M. macrocopa* در کدورت‌های بالا را می‌توان به کاهش میزان بلع جلبکها نسبت داد زیرا بسیاری از ذرات ریز رس می‌تواند بعنوان غذا بلع شده و باعث کاهش رشد و همآوری در این گونه گردد، همان گونه که در مورد *D. pulex* و *D. parvula* گزارش شده است (Arruda *et al.*, 1983). از سوی دیگر، نوع و اندازه ذرات در کدورت حاصله نیز مهم می‌باشد، با توجه به اینکه بخشی از کدورت آب در استخرهای خاکی پرورش ماهی مربوط به وجود ذرات رس (کمتر از ۲۰ میکرون) می‌باشد، این ذرات روی ماهی و سایر آبزیان از جمله زئوپلانکتونها که غذای اصلی لارو ماهیان می‌باشد تاثیرات مهمی علاوه بر رسوب کردن روی صفحات آبشش ماهیان و مشکلات تنفسی، تاثیرات مرگ‌آور بر تخمها، لاروها و بچه ماهیان دارد. گونه *M. macrocopa* به لحاظ حساسیت به سختی‌ها و کدورت‌های بالا احتمالاً می‌تواند بعنوان اندیکاتور زیستی این پارامترها در ارزیابی کیفیت آب در زیستگاههای آبی استفاده شود.

تشکر و قدردانی

از معاونت پژوهشی دانشکده منابع طبیعی و معاونت پژوهشی دانشگاه صنعتی اصفهان به لحاظ ایجاد شرایط مناسب در انجام این تحقیق کمال سپاسگزاری را داریم. از مدیریت شیلات و دام جهاد و کشاورزی استان اصفهان بدلیل همکاری در نمونه‌برداری تشکر می‌نمائیم.

منابع

Arruda J.A., Marzolf G.R. and Faulk R.T., 1983. The role of suspended sediments in the nutrition of zooplankton in turbid reservoirs. Ecology, 64:1225-1235.

Baillieul M., Bervoets L., Blust R. and Boeck G., 1993. Assessment of the toxicity of an industrial effluent with two-generation reproduction test on *Daphnia magna*. Science of the Total Environment, 134(2):1159-1164.

Boyd C.E. and Walley W.W., 1975. Total alkalinity and hardness of surface waters in Alabama and Mississippi. Bulletin No. 465. Auburn, Alabama, Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University Press, 16P.

Cowgill U.M. and Milazzo D.P., 1991. Demographic effects of salinity, water hardness and carbonate alkalinity on *Daphnia magna* and *Ceriodaphnia dubia*. Archive Fur Hydrobiologie, 122:35–56.

De la Bretonne L., Avault J.W. and Smitherman R.O., 1969. Effects of soil and water hardness on survival and growth of red swamp crawfish, *Peocambarus clarkia*, in plastic pools. Proceedings of the Southeastern Association of Game and Fish Commissioners, 23:626-633.

Dillon T.M. and Burton D.S., 1991. Acute toxicity of PCB congeners to *Daphnia magna* and *Pimephales promelas*. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 46:208–215.

magiran.com

Fermin A.C. and Recometa R.D., 1988. Larval rearing of bighead carp, *Aristichthys nobilis* Richardson using different types of feed and their combinations. Aquaculture and Fisheries Management, 19:283–290.

Gersich F.M. and Mayes M.A., 1986. Acute toxicity testes with *Daphnia magna* Straus and *Pimephales promelas* Rafinesque in support of national pollutant discharge elimination permit requirements. Water Research, 20:939-941.

James C.M. and Al-Khars A.M., 1986. Studies on the production of planktonic copepods for aquaculture. Syllogeus, 58:333-340.

Jana B.B. and Chakrabarti R., 1993. The effect of management protocols for juvenile carp (*Cyprinus carpio*) culture on life history responses of zooplankton food source, *Moina micrura* (Kurz). Aquaculture, 110:285-300.

Lim L.C., Dhert P. and Sorgeloos P., 2003. Recent developments in the application of live feeds in the freshwater ornamental fish culture. Aquaculture, 227:319-331.

Martinez M.P. and Chakroff J.B.P., 1975. Direct phytoplankton counting technique using the hemacytometer. Philippine Agricultural Scientist, 59:43-50.

Nebeker A.V., Onjokka S.T. and Cairns M.A., 1988. Chronic effects of contaminated sediment on *Daphnia magna* and *Chironomus tentans*. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 41:574-584.

Nichols H.W. and Bold H.C., 1965. *Trichorsarcina polymorpha* gen. et sp. nov. Journal of Physiology, 1:34-38.

Omori M. and Ikeda T., 1984. Methods in zooplankton ecology. John Wiley and Sons Inc., New York, 332P.

Paulauskis J.D. and Winner R.W., 1988. Effects of water hardness and humic acid on zinc toxicity to *Daphnia magna* Straus. Aquatic Toxicology, 12:273-290.

Pursley M.G. and Wolters W.R., 1989. Water quality effects growth of young red fish. Louisiana Agriculture, 32:14-15.

Romaire R.P., 1985. Water quality. *In*: (eds. J.V. Huner and E.E. Brown). Crustacean and mollusk aquaculture in the United States AVI Publishing, Westport, CT.

Sawyer C.N. and Mc Carty P.L., 1978. Chemistry for environmental engineering. McGraw & Hill. New York, USA. 532P.

Scholtz S., Seaman M.T. and Pieterse A.J.H., 1988. Effects of turbidity on life history parameters of two species of *Daphnia*. Freshwater Biology, 20:177-184.

Shepherd J. and Bromage N., 1992. Intensive Fish Farming. 416P.

Shim K.F. and Bajrai J.R., 1982. Growth rates and food conversion in young guppy (*Poecilia reticulata* Peters) fed on artificial and natural foods. Singapore Journal of Primary Industries, 10:26-38.

Sigler J.W., Bjornn T.C. and Everest F.H., 1984. Effects of chronic turbidity on density and growth of Steelheads and coho Salmon. Transactions of the American Fisheries Society, 113:142-150.

magiran.com

Terra N.R and Feiden I.R., 2003. Reproduction and survival of *Daphnia magna* Straus, 1820 (Crustacea: Cladocera) under different hardness conditions. Acta Limnologica Brasiliensis, 15:51-55.

Zar J.H., 1984. Bioststistical analysis. 2nd edition. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, New York, USA.718P.

magiran.com

Effects of water hardness and turbidity on growth and fecundity of freshwater Cladoceran, *Moina macrocopa* (Straus, 1820)

Farhadian O.[1]*; Khanjani M.H.[2] and Farhadian A. A.[3]

omfarhad@cc.iut.ac.ir

1,2- Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, P.O.Box: 84156-83111 Isfahan, Iran

3- Main Office of Natural Resource & Livestock of Isfahan Province, Fishes Propagation and Cultivation Center, Isfahan, Iran

Received: May 2009 Accepted: October 2010

Keywords: *Moina macrocopa*, Breeding, Live food, Specific Growth Rate (SGR), Water quality

Abstract

Water hardness and turbidity are important parameters in zooplankton culture, especially for Cladoceran affecting growth and reproductive parameters of the plankton. Effects of water hardness and turbidity on growth and fecundity of the Cladoceran, *Moina macrocopa*, was investigated by culturing and feeding them on green algae *Scenedesmus quadricauda*. Experimental treatments for hardness were 0, 20, 40 and 80mg/l as $CaCO_3$ and for turbidity were 0, 20, 40 and 80 NTU (Nephelometric Turbidity Unit). Experiments were carried out in 500ml flasks with initial density of 15 individuals per flask in randomized complete block design with three replicates. After 10 days, we found that *M. macrocopa*, had the maximum population density (370.5-365.0 individuals per flask), maximum specific growth rate (SGR) (0.35/day), and the shortest population doubling time (Dt) (1.98 days) at 0 and 20mg/l $CaCO_3$, all with significant differences compared to other treatments ($P<0.05$). In contrast, we observed the maximum population density (296-325.5 individuals per flask) at turbidities of 0 and 20 NTU, maximum SGR (0.33/day) and the shortest Dt (2.10 days) at turbidity of 0 NTU, with significant differences compared to other treatments ($P<0.05$). The highest fecundity of *M. macrocopa* was obtained at 20mg/l as $CaCO_3$ and turbidity of 0 *NTU* which significantly differed with other treatments ($P<0.05$). Overall, we showed that *M. macrocopa* in freshwater with hardness less than 20mg/l as $CaCO_3$ and turbidity less than 20 NTU had better growth and fecundity performance. The species can be used to evaluate habitats where water hardness and turbidity is higher. Mass culture of the species based on its growth and reproduction under these optimal conditions could provide suitable zooplanktonic biomass for feeding of fish larvae.

* Corresponding author