

میزان بلع دافنی ماگنا (*Daphnia magna*) تغذیه شده با جلبک‌های سبز آنکیسترودموس فالتکاتوسی (*Ankistrodesmus falcatus*) و سندسموس اوبلیکوس (*Scenedesmus obliquus*)

طیبه عنایت غلامپور^۱ و حسین پیری^{*۱}

۱- دانشجوی دکتری شیلات، مرکز تحقیقات ذخایر آبزیان آبهای داخلی، گرگان، ایران

پذیرش: ۱۳۹۲/۰۳/۲۷

دریافت: ۱۳۹۱/۰۸/۱۱

* نویسنده مسئول مقاله: تلفن: ۰۹۱۱۳۷۷۸۸۰۷، E-mail: piri_hossein@yahoo.com

چکیده:

تغذیه دافنی (*Daphnia magna*) از دو جلبک سبز (*Ankistrodesmus falcatus*) و (*Scenedesmus obliquus*) در سه تکرار و شرایط یک‌سان برای هر دو (محیط کشت Z-8 و رژیم نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی) بررسی شد. با افزایش غلظت جلبک میزان فیلترکردن دافنی کاهش یافت، ولی بین تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p > 0.05$). با افزایش غلظت جلبک، میزان بلع و تغذیه دافنی افزایش معنی‌داری یافت ($p < 0.05$). نرخ رشد ویژه دافنی تغذیه شده با *S. obliquus* به‌طور معنی‌داری بیش از تغذیه با *A. falcatus* بود ($p < 0.05$). بیشینه رشد ویژه دافنی در تغذیه با *S. obliquus* در غلظت ۶ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد، ولی اختلاف معنی‌داری در میزان بازماندگی دافنی در بین تیمارها مشاهده نشد ($p > 0.05$). بر اساس این یافته‌ها، تغذیه *D. magna* با جلبک *S. obliquus* عملکرد بهتری داشت.

کلید واژگان: دافنی ماگنا، *Ankistrodesmus falcatus*، *Scenedesmus obliquus*، نرخ بلع

مقدمه

آنتن منشعب‌ها (Cladocerans) مهم‌ترین گروه زئوپلانکتون فیلترکننده در اکوسیستم‌های آب شیرین هستند (Wetzel, 1983; Herzing, 1987) که در شرایط مناسب به روش بکرزایی تولید مثل می‌کنند. دافنی ماگنا (*Daphnia magna*) نظیر سایر گونه‌های مهم کلادوسراها تولید مثل آن اساساً به روش بکرزایی است و در شرایط نامناسب تولید مثل جنسی دارد (Proulx and La Noue, 1985). تولید و نگهداری جمعیت متراکمی از دافنی که پروتئین بالایی دارد می‌تواند به عنوان یک منبع غذایی با کیفیت بالا برای تولید تجاری تعداد زیادی از جانوران پرورشی به‌ویژه ماهی به‌کار رود (Mahdinejad, 1996). انتخاب غذا به وسیله دافنی‌ها بستگی به اندازه غذا دارد. فیلترکردن و هضم غذایی از ابتدایی‌ترین مراحل نیاز غذایی زئوپلانکتون‌هاست که تحت تأثیر شاخص‌های دیگری همچون غلظت و اندازه غذا، اندازه موجود، درجه حرارت و غیره قرار می‌گیرد. جلبک‌های سبز کوچک نظیر سندسموس، مناسب‌ترین غذای دافنی‌ها هستند که به دفعات متعدد برای آزمایش‌های تغذیه دافنی استفاده می‌شوند (Jeon et al., 2010). در کنار عوامل غیر زنده همچون pH و مواد مغذی و اکسیژن، عواملی چون مقدار غذا در چرخه حیات و توالی گروه‌های زئوپلانکتونی نقش مهمی را ایفا می‌کنند. دافنی می‌تواند با دریافت انواع مختلفی از مواد غذایی، آن‌ها را برای رشد بیش‌تر و تولید مثل به‌کار گیرد. دافنی‌ها در صورت مواجهه با کمبود غذایی، میزان فیلتراسیون خود را با افزایش سطح غذا کاهش داده و در نتیجه میزان بلع غذا و انرژی گرفته شده را ثابت نگه می‌دارند (Murthaugh, 1985). همچنین در عادات غذایی زئوپلانکتون‌ها نه تنها فیتوپلانکتون‌ها بلکه باکتری‌ها، دیتریته‌ها و مواد ستونی غیر زنده نیز نقش دارند

(Mahdinejad, 1996). زئوپلانکتون علف‌خوار ممکن است از راه‌های مختلف در چرخه مواد آلی سطح آب مؤثر واقع شوند و این آثار به‌طور مستقیم با ته‌نشین‌شدن مدفوع و به‌طور غیرمستقیم با کاهش غلظت سستون و پوده یا تغییر ساختمان فیتوپلانکتون‌ها صورت می‌گیرد (Flores-Burges et al., 2003). چنین عملکردی سبب کاهش تراکم فیتوپلانکتون‌ها و در نتیجه کاهش تولید اولیه در اکوسیستم آبی خواهد شد. به‌طور کلی دافنی‌ها با چرای خود نقش اساسی در کنترل فیتوپلانکتون، تولید و کنترل جمعیت آن‌ها در دریاچه، استخرهای پرورشی و ندان‌ها ایفا می‌کنند. همچنین دافنی‌ها به دلیل داشتن خصوصیت فیلترکنندگی روی بیومس جلبکی، چرخه مواد غذایی و ساختمان فیتوپلانکتون‌ها در اکوسیستم آبی تأثیر به‌سزایی می‌گذارند. گسترش دانش بشری در زمینه‌های مختلف درباره فیتوپلانکتون‌ها و زئوپلانکتون‌ها از قبیل مرغوبیت، ترکیبات غذایی، میزان فیلترکردن (Filtration Rate)، میزان بلعیدن (Ingestion Rate) و نرخ تغذیه (Feeding Rate) و بررسی روابط متقابل این موجودات و میزان تأثیر آن‌ها بر یکدیگر، می‌تواند در زمینه آماده‌سازی تولیدات طبیعی، به‌ویژه در استخرهای پرورشی ماهی پیش از رهاسازی بچه ماهیان پرورشی در استخرها کمک بزرگی کند. همچنین امروزه در بسیاری از اکوسیستم‌های آبی می‌توان با دستکاری‌های زیستی^۱، بسیاری از مشکلات در اکوسیستم‌های آبی را برطرف نمود و حتی از طریق رهاسازی گونه‌های جلبکی خاص با توجه به این‌که چه عواملی را می‌توانند تثبیت نمایند (مثلاً جلبک‌های سبز آبی که نقش تعیین‌کننده‌ای در تثبیت ازت دارند)، معضلات موجود در اکوسیستم‌ها را تا حدودی کاهش داد و وضعیت‌شان را بهبود بخشید. همچنین با استفاده از ویژگی

تثبیت مواد مختلف مغذی، می توان از فیتوپلانکتون های موجود در منابع آبی تصفیه خانه های فاضلاب شهری و صنعتی و سپس برای کنترل خود جلبک ها از گونه های زئوپلانکتون به خصوص استفاده کرد. از طرف دیگر، با آگاهی از عادات تغذیه ای زئوپلانکتون های خاص می توان از آن ها برای کنترل شکوفایی جلبکی (Algal blooms) در اکوسیستم های آبی استفاده کرد. با توجه به موارد فوق و همچنین نقش اساسی دافنی ها در کنترل فیتوپلانکتون ها، تولید و کنترل جمعیت آن ها در دریاچه، استخرهای پرورشی و آب بندان ها و به ویژه نقش کلیدی کلادوسرهای بزرگ فیلترکننده همچون دافنی روی بیومس جلبکی، چرخه مواد غذایی و ساختمان فیتوپلانکتون در اکوسیستم های آبی، تحقیق حاضر به منظور تعیین میزان بلع، فیلتر و تغذیه دافنی ماگنا از جلبک های سبز (آنکیسترودموس فالتاتوس و سندسموس اوبلیکوس) انجام گرفت. همچنین با توجه به این که رشد، بازماندگی و در نهایت بلوغ و میزان تولید مثل دافنی ها تحت تأثیر تغذیه با گونه های مختلف جلبکی قرار می گیرد، ضرورت تحقیق حاضر بیان می شود.

مواد و روش ها

در این تحقیق جلبک های سبز آنکیسترودموس فالتاتوس (*A. falcatus*) و سندسموس اوبلیکوس (*S. obliquus*) استفاده شد. جلبک آنکیسترودموس به شکل سوزن های مستقیم، خمیده یا فتری دیده می شود که طول آن ۵۰ میکرون یا بیش تر است؛ البته گاهی به صورت دسته ای نیز دیده می شوند. جلبک سندسموس به صورت کلنی های صاف از ۲ یا ۴ و یا ۸ سلول که به صورت منظم کنار هم قرار گرفته، تشکیل شده اند. در بعضی گونه های کلنی خارهایی در گوشه های آن وجود دارد. طول سلول ها بین ۵ تا ۳۰

میکرون است و در اکثر مکان ها یافت می شوند. جلبک ها به صورت مجزا در ظروف کشت ۵۰۰ میلی لیتری حاوی محیط کشت Z-8 کشت و در شرایط آزمایشگاهی با رژیم نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی با استفاده از لامپ فلورسنت نگهداری شدند (Piri and Ordog, 1998; Miller et al., 1978) پیش از شروع آزمایش در ۵ عدد ارلن استریل حاوی آب بدون کلر، دافنی ماگنا (200 ± 50 عدد) بزرگ و تقریباً هم اندازه انتقال داده شد و روزانه خصوصیات زیستی آن ها تحت کنترل قرار گرفت. سپس مقدار (۳، ۴/۲۵، ۶، ۸/۵ و ۱۲ میلی گرم در لیتر) غلظت جلبک محاسبه شده برای هر تیمار به ظروف حاوی آب بدون کلر که پیش از این به منظور همدم شدن در آزمایشگاه قرار گرفته بود، اضافه گردید. نحوه محاسبه میزان جلبک برای هر تیمار بدین شرح بود که ابتدا با استفاده از روش لگاریتمیک (Yosefi Garakae et al., 2005; Nezami et al., 2005)، میزان جلبک مورد نیاز برای هر تیمار بین غلظت های ۳ تا ۱۲ میلی گرم در لیتر وزن خشک محاسبه شد. این میزان با متوسط تراکم فیتوپلانکتون های موجود در شرایط طبیعی مانند استخرها و دریاچه ها تقریباً مشابه است (Mahdinejad, 1996). در ادامه به منظور تعیین غلظت مورد استفاده از هر جلبک، یک عدد فیلتر را (که به مدت ۲ ساعت در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد قرار خشک شده بود) وزن کرده و سپس ۱۰ میلی لیتر از جلبک کشت داده شده را به کمک خلأ (JUN AIR دانمارک) از میکروفیلتر با قطر چشمه ۱ میکرون (TSB Co – Taiwan) عبور داده و فیلتر را مجدد در آون خشک و وزن آن یادداشت شد (ترازو با دقت ۰/۰۰۱ گرم). در نهایت با استفاده از تفاضل وزن خشک اولیه و ثانویه فیلتر، میزان جلبک را در میلی لیتر محاسبه نموده و با ضرب عدد به دست آمده در میزان غلظت جلبک مورد نیاز در هر تیمار (۳، ۴/۲۵، ۶، ۸/۵ و ۱۲ میلی

در رابطه ۱: میزان فیلتر کردن، C_0 و C_t به ترتیب غلظت اولیه و نهایی جلبک (سلول در میکرولیتر)، V حجم آب محتوای هر تیمار (میلی لیتر) و n تعداد دافنی در هر تیمار و همچنین t زمان اجرای آزمایش بر حسب ساعت و A ضریب تصحیح است.

در رابطه ۲: A ضریب تصحیح برای تغییرات حاصله در شاهد (برای هر تیمار یک شاهد در نظر گرفته شد) با غلظت‌های نهایی C_t پس از زمان t است.

در رابطه ۳: عبارت $C_0 - C_t$ میانگین هندسی غلظت جلبک در زمان t و F میزان فیلترکردن و I میزان بلعیدن است.

در رابطه ۴: SGR نرخ رشد ویژه (Specific Growth Rate)، N_t : تراکم نهایی دافنی پس از دوره پرورش (بر حسب تعداد در میلی لیتر)، N_0 : تراکم اولیه دافنی (بر حسب تعداد در میلی لیتر)، t : دوره پرورش (۱۰ روز). برای محاسبه این شاخص روزانه ۲ تا ۳ نمونه ۱ میلی لیتری از هر ظرف نمونه برداشته و میزان آن تخمین زده شد (Krebs, 1985).

برای محاسبه میزان تغذیه در پایان دوره آزمایش (۲۴ ساعت)، از حاصل ضرب وزن سلولی که جداگانه محاسبه شد در تعداد سلول‌های بلعیده شده، استفاده گردید.

برای تجزیه آماری اطلاعات، ابتدا نرمالیت داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگراف-اسمیرنف بررسی شد. برای بررسی وجود یا نبود اختلاف معنادار بین تیمارهای مختلف در هر یک از عوامل بررسی شده (نرخ فیلترکردن، بلعیدن و تغذیه، نرخ رشد ویژه و بازماندگی دافنی‌ها)، از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد با استفاده از نرم افزار SPSS انجام گردید. داده‌ها به صورت میانگین $\pm$ انحراف معیار بیان شده‌اند.

گرم در لیتر) به دست آمد. جلبک‌ها به ارلن‌ها منتقل و سپس ۲ میلی لیتر از آن برای شمارش اولیه برداشت و با فرمالین ۴ درصد فیکس شد. به هر یک از تیمارها ۱۰ عدد دافنی وارد نموده و آن‌ها را روی دستگاه مخصوصی با صفحه‌ای مدور که با یک محور افقی به الکتروموتوری متصل شده بود، قرار دادیم. چرخش صفحه مدور (دستگاه همگن ساز با ۲ دور در دقیقه) مانع ته نشین شدن جلبک‌ها شد تا همیشه در دسترس دافنی‌ها باشند. در پایان آزمایش، پس از ۲۴ ساعت که جلبک‌ها کامل رسوب نمودند، ۲ میلی لیتر از نمونه‌ها را در محفظه‌های شمارش ۲ میلی لیتری ریخته و نمونه‌های قبل و بعد از آزمایش با استفاده از روش هماسیتومتری (در این روش از لام هماسیتومتر که مساحت کل صفحه شطرنجی آن یک مربع 3×3 میلی متر است که با خطوط سه گانه، محصور می‌شود. این مربع با خطوط سه تایی به ۹ مربع که هر کدام 1×1 میلی متر هستند، تقسیم می‌شوند) شمارش شدند (Hosseini and Jalali, 2010). طول دوره آزمایش ۲۴ ساعت بود و آزمایش هر جلبک در ۳ بار تکرار شد. پس از محاسبه تعداد سلول‌ها قبل و بعد از هر آزمایش، از تعداد آن‌ها در قبل و بعد از هر آزمایش به طور مجزا میانگین گرفته و از روی میانگین تعداد سلول در ۳ تکرار و از طریق اختلاف میزان جلبک در قبل و بعد از آزمایش، میزان فیلتر کردن ($\mu/\text{ind}/h$)، بلعیدن ($\text{cells}/\text{ind}/h$) و تغذیه ($\text{mg}/\text{ind}/h$) دافنی‌ها با استفاده از روش Gault (۱۹۵۱) محاسبه و از روابط زیر استفاده شد:

$$1) F = \left(\frac{v}{n} \right) \frac{(InC_t - InC_0)}{t} - A$$

$$2) A = \frac{(InC_t - InC_0)}{t}$$

$$3) I = F \sqrt{C_t - C_0}$$

$$4) SGR = \frac{LnN_t - LnN_0}{t}$$

نتایج

جدول ۱ و ۲ مقایسه میانگین‌های برخی شاخصه‌های تغذیه‌ای و رشد دافنی‌های تغذیه‌شده با جلبک‌های سبز آنکسترودموس فالكاتوس (*A. falcatus*) و سندسموس اوبلیکوس (*S. obliquus*) را نشان می‌دهند. حداکثر تراکم جمعیت دافنی‌ها به‌طور معناداری تحت تأثیر نوع جلبک قرار داشت ($p < 0.05$). همچنین نتایج تحقیق حاضر نشان داد که با افزایش غلظت جلبک، میزان فیلترکردن دافنی‌ها کاهش یافت اما بین تیمارها اختلاف معناداری مشاهده نشد ($p > 0.05$).

بحث

پایه و اساس تولیدات متعدد در اکوسیستم‌های آبی نظیر منابع آبی طبیعی و نیمه‌طبیعی و همچنین استخرهای مصنوعی پرورشی ماهی را فیتوپلانکتون‌ها به‌عنوان اولین

تولیدکننده‌ها و زئوپلانکتون‌ها به‌عنوان دومین تولیدکننده‌ها تشکیل می‌دهند. با توجه به اهمیت غذای زنده در تکثیر و پرورش لارو انواع آبزیان، پرورش انواع مختلفی از غذاهای زنده مانند دافنی، آرتمیا، روتیفر و سیکلوپس بسیار مورد توجه واقع شده است. برای پرورش چنین موجوداتی و حتی لارو بسیاری از سخت‌پوستان در مراحل ابتدایی، دسترسی به انواع جلبک‌های تک سلولی امری ضروری است (Lavens and Sorgeloos, 1996). دافنی‌ها رفتار تغذیه‌ای فیلترفیدر غیرانتخابی دارند (Stibor and Navarra, 2000)، اما درباره ذرات بزرگ‌تر به‌صورت انتخابی عمل می‌کنند به‌طوری‌که اندازه مطلوب غذا در حدود ۱۸ میکرومتر (ترجیحاً کوچک‌تر از ۳۰ میکرومتر و حداکثر آن ۴۰ میکرومتر) است (Muller Navarra and Lampert, 1996; Jeon et al., 2010).

جدول ۱ مقایسه میانگین نرخ فیلترکردن، میزان بلع و تغذیه دافنی‌ها در غلظت‌های مختلف جلبک‌های سبز

میزان تغذیه (mg/ind/24h)	میزان بلعیدن (cell/ind/h)	نرخ فیلترکردن (μl/ind/h)	تراکم (cell/ml)	غلظت (mg/l)	جلبک
۰/۰۱۶±۰/۰۲ ^a	۲۷۱۸۴±۲۲ ^a	۲۴۴±۳۷ ^a	۲۵۰۵۷۹	۳	آنکسترودموس فالكاتوس
۰/۰۲۲±۰/۰۲ ^a	۳۶۱۲۹±۱۸ ^a	۲۲۵±۳۲ ^a	۳۵۷۸۲۹	۴/۲۵	
۰/۰۳۱±۰/۰۱ ^a	۵۰۷۵۰±۱۶ ^a	۲۲۱±۲۴ ^a	۵۱۰۹۱۱	۶	
۰/۰۳۸±۰/۰۱ ^b	۶۲۲۲۵±۱۲ ^b	۱۹۲±۱۹ ^a	۷۱۰۸۸۷	۸/۵	
۰/۰۵۳±۰/۰۱ ^b	۶۹۲۳۲±۱۲ ^b	۱۶۱±۱۵ ^a	۹۸۰۳۰۹	۱۲	
۱/۵۵±۰/۰۳ ^a	۹۲۵۱۵±۵۲ ^a	۲۳۹۲±۱۰/۲ ^a	۲۴۵۳۶	۳	سندسموس اوبلیکوس
۲/۲۰±۰/۰۳ ^a	۱۳۱۲۸۱±۵۰ ^a	۲۴۲۶±۷/۳ ^a	۳۴۷۲۸۱	۴/۲۵	
۳/۱۲±۰/۰۱ ^a	۱۸۶۲۱۴±۴۷ ^a	۲۴۷۲±۷/۹ ^a	۴۹۰۳۱۸	۶	
۴/۱۸±۰/۰۱ ^b	۲۴۸۸۱۲±۴۷ ^b	۲۳۳۲±۴/۸ ^a	۶۵۳۶۸۶	۸/۵	
۵/۹±۰/۰۱ ^b	۳۵۳۴۰۵±۴۲ ^b	۲۲۲۹±۳/۳ ^a	۹۲۴۵۳۸	۱۲	

a حروف انگلیسی متفاوت در هر ستون بیانگر وجود تفاوت معنادار بین تیمارهاست ($p < 0.05$).

b اعداد به‌صورت میانگین ± انحراف معیار بیان شده‌اند.

جدول ۲ مقایسه میانگین شاخصه‌های نرخ رشد ویژه و درصد بازماندگی دافنی‌های تغذیه شده با جلبک‌های سبز^۱

جلبک	غلظت (mg/l)	نرخ رشد ویژه (SGR)	بازماندگی (درصد)
آنکistroدسموس فالكاتوس	۳	۰/۲۲۵±۰/۰۲ ^b	۹۴/۰۶±۱/۹ ^a
	۴/۲۵	۰/۲۳۳±۰/۰۲ ^b	۹۱/۷۵±۲/۴ ^a
	۶	۰/۲۴±۰/۰۱ ^a	۹۲/۶±۶/۸ ^a
	۸/۵	۰/۲۲۶±۰/۰۱ ^c	۹۱/۵±۲/۵ ^a
	۱۲	۰/۲۱۳±۰/۰۱ ^c	۸۹/۸±۲/۸ ^a
سندسموس اوبلیکوس	۳	۰/۷۴±۰/۰۲ ^b	۹۳/۴۳±۲/۲ ^a
	۴/۲۵	۰/۷۹±۰/۰۲ ^b	۹۳±۳/۲ ^a
	۶	۰/۹۲±۰/۰۱ ^a	۹۴/۳±۲/۴ ^a
	۸/۵	۰/۶۶±۰/۰۱ ^c	۹۲/۸±۲/۳ ^a
	۱۲	۰/۵۸±۰/۰۱ ^c	۹۰/۳±۲/۷ ^a

^۱حروف انگلیسی متفاوت در هر ستون بیانگر وجود تفاوت معنادار بین تیمارهاست ($P < 0.05$).

دافنی مؤثر است. به‌طوری‌که حداکثر میزان تغذیه را در غلظت ۴ میلی‌گرم در لیتر جلبک مشاهده نمودند.

با توجه به نتایج حاصل از تحقیق حاضر، چنین استنباط می‌شود که جلبک‌های سبز به‌طور عموم با دافنی ماگنا به‌خوبی تغذیه می‌شوند و در این میان میزان فیلتر کردن، بلع و تغذیه از جلبک سبز سندسموس اوبلیکوس استفاده شده در این آزمایش‌ها به‌وسیله دافنی ماگنا (*D. magna*)، به‌مراتب بهتر صورت می‌گیرد که این امر در مطالعات نیز (Mahdinejad, 1996; Prolx and La Noue, 1985) اثبات و تأیید شده است. به‌طوری‌که نتایج این محققان نشان داد پتانسیل قابل توجهی از تولید و بهره‌وری بالایی از دافنی ماگنا از طریق تغذیه با جلبک سندسموس وجود دارد. Kerfoot و همکاران (۱۹۸۵) بین تراکم جمعیت جلبک و نرخ افزایش جمعیت دافنی ارتباط معکوسی را ثبت نمودند.

در منابع مختلف تراکم‌های متفاوتی در استفاده از جلبک‌های تک سلولی گزارش شده است. برای مثال Coutteau و همکاران (۱۹۹۲)، رقم $1/8 \times 10^6$ میلیون جلبک تک سلولی دونالیا را برای کشت مناسب دافنی در آزمایشگاه

در تحقیق حاضر میزان فیلتر کردن، بلع و تغذیه دافنی ماگنا (*D. magna*) از جلبک‌های سبز آنکistroدسموس فالكاتوس (*A. falcatus*) و سندسموس اوبلیکوس (*S. obliquus*)، به‌منظور تعیین این‌که این غذای زنده نسبت به کدام جلبک علاقه‌مندی بیش‌تری برای تغذیه نشان می‌دهد، انجام شد. همچنین رابطه مستقیم و مثبتی بین میزان بلعیدن و تغذیه دافنی ماگنا و غلظت جلبک‌ها مشاهده گردید و با افزایش غلظت جلبک، این دو شاخص به‌طور معناداری افزایش یافتند ($P < 0.05$). حداکثر مقدار شاخص فیلتر کردن دافنی‌ها $10/2 \pm$ (۲۴۷۲) در غلظت ۶ میلی‌گرم در لیتر و حداقل مقدار آن (۱۵) $161 \pm$ در غلظت ۱۲ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد (جدول ۱). در این خصوص نتایج مشابهی از سوی (Mahdinejad, 1996)، از آزمایش‌های تغذیه با جلبک سبز سندسموس ریز ارائه شده است. همچنین نتایج حاصله با نتایج (Hessen, 1990) درباره وجود رابطه‌ای قوی بین غلظت‌های جلبک و میزان فیلتر کردن، بلعیدن و تغذیه دافنی ماگنا (*D. magna*) از جلبک‌های سبز کاملاً مطابقت می‌کند. این تحقیق بیان نمود که نوع گونه‌های جلبکی و اندازه ذرات آن‌ها در تعیین نرخ تغذیه و تولید مثل

سندسموس تولیدشده در کشت خالص و یا سندسموس تولیدشده با فاضلاب شهری (جریان ثانویه) نشان داد که این گونه جلبک از بهترین گونه‌های غذایی برای دافنی‌هاست. اما در ترکیبات جلبک دریاچه‌های با حجم بالایی از دیاتومه‌ها ارزش غذایی پایینی برای دافنی دارد (Prolx and La Noue, 1985).

آنچه که می‌توان از این مطالعات استنباط کرد این است که با توجه به گرایش دافنی ماگنا برای تغذیه از جلبک‌های سبز که تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله تک سلولی بودن و اندازه آن‌هاست (Vasile and Suchar, 2006)، بنابراین قابلیت بالای جلبک‌ها برای جذب و تثبیت مواد مغذی به راحتی امکان‌پذیر است.

منابع

- Coutteau, P., Brendonck, L., Lavens, P. and Sorgeloos, P. 1992. The use of manipulated bakers yeast as an algal substitute for the laboratory culture of Cladocera. *Hydrobiologia*, 234: 25-32.
- Donk, E. and Hessen, D. 1993. Grazing resistance in nutrient-stressed phytoplankton. *Oecologia*, 93: 508-511.
- Flores-Burgos, J., Sarma, S. S. S. and Nandini, S. 2003. Population growth of zooplankton (Rotifers and Cladocerans) fed *Chlorella vulgaris* and *Senedesmus acutus* in different proportions. *Acta hydrochimica et Hydrobiologia*, 31: 240-248.
- Gauld, T. 1951. The grazing rate of marine copepods. *Journal of the Marine Biology Association of the United Kingdom*, 26: 695-706.
- Herzing, A. 1987. The analysis of planktonic rotifer population: A plea for long term investigation. *Hydrobiologia*, 147: 163-180.
- Hessen, D. O. 1990. Carbon, nitrogen and phosphorus status in *Daphnia* at varying food conditions. *Journal of Plankton Research*, 12: 1239-1249.
- Hosseini, S. A., Jalali, M. 2010. Live food in aquaculture. Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources. 190 p.
- Jeon, J., Sung Ra, J., Hong Lee, S., Lee, M., Yu, S. and Don Kim, S. 2010. Role of food and clay particles in toxicity of copper and diazinon using

پیشنهاد دادند. Donk و Hessen (۱۹۹۳) مشاهده نمودند که رشد و تولیدمثل دافنی‌ها تحت تأثیر تغذیه با انواع جلبک‌ها قرار می‌گیرد. به‌طوری‌که رشد پایین *Daphnia pulex* در اثر تغذیه با جلبک *Selenastrum capricornutum*، زمانی‌که نسبت کربن به فسفر از ۶۷ به ۱۶۷ افزایش یافت، مشاهده شد. همچنین Mehdi-pour و همکاران (۲۰۱۱) دافنی‌ها را با دو گروه جلبک سبز *Chlorella* sp. و *Scenedesmus obliquus* غنی‌شده با ویتامین تغذیه نمودند و مشاهده کردند که میزان همآوری در دافنی‌ها به‌طور معناداری تحت تأثیر تغذیه با جلبک قرار می‌گیرد.

مطالعات مختلف نشان می‌دهند که نرخ رشد یک متغیر حساس بوده و تحت تأثیر عوامل زیستی و غیرزیستی قرار می‌گیرد (Flores-Burgos et al., 2003). بر اساس نتایج این تحقیق، بین دافنی‌های تغذیه‌شده با جلبک‌های بررسی‌شده از لحاظ رشد، تفاوت معناداری مشاهده شد ($p < 0.05$) به‌طوری‌که حداکثر نرخ رشد ویژه (SGR) در دافنی‌های تغذیه‌شده با جلبک سندسموس اوبلیگوس (0.92 ± 0.01 در روز)، نسبت به دافنی‌های تغذیه‌شده با جلبک انکیستروسموس فالتاتوس (0.24 ± 0.01 در روز) بیش‌تر بود. حداکثر نرخ رشد ویژه دافنی‌ها (0.92 ± 0.01 در روز) در اثر تغذیه با جلبک سندسموس اوبلیگوس (در غلظت ۶ میلی‌گرم در لیتر) مشاهده شد ($p < 0.05$) و میزان بازماندگی دافنی‌ها در بین تغذیه با جلبک‌های مورد آزمایش، اختلاف معناداری وجود نداشت ($p > 0.05$). همان‌طور که بیان شد در مطالعه حاضر، نرخ رشد مشاهده‌شده برای دافنی‌ها از ۰/۲۱ تا ۰/۹۲ (در روز) بر حسب نوع جلبک متغیر بود که این میزان در دامنه رشد مشاهده شده برای اکثر زئوپلانکتون‌هاست (Nandini and Sarma, 2000; Sarma et al., 2001).

نتایج تحقیقات آزمایشگاهی در زمینه تغذیه دافنی ماگنا (*D. magna*) و پولکس (*D. pulex*)، با جلبک

- Nandini, S. and Sarma, S. S. S. 2000. Life table demography on four cladoceran species intensity. *Hydrobiology*. 435: 117-126.
- Nezami, Sh., Padjand, Z., Khara, H. and Afsordeh, A. 2005. Determining the lethal concentration (Lc₅₀ 96h) of phenol and 1-Nafol for *Acipenser persicus* fingerlings. *Iranian Scientific Journal*, 1: 147-160.
- Piri, M., and Ordog, V. 1998. Effects of herbicides on green algae (*Selenastrum capricornutum*) and *Daphnia magna*. *Iranian Scientific Journal*, 2: 19-26.
- Proulx, D. and La Noue, D. 1985. Growth of *Daphnia magna* on urban waste water territorially treated with *Scenedesmus* sp. *Aquaculture Enginry*, 4: 93-111.
- Sarma, S. S. S., Larios Jurado, P. S. and Nandini, S. 2001. Effect of three food types on the population growth of *Brachionus calcyforus* and *Brachionus patulus* (Rotifer: Brachionidae). *Revista Biological Tropical*, 49: 77-84.
- Stibor, H. and Navarra, D. M. 2000. Constraints on the Plasticity of *Daphnia magna* Influenced by Fish-Kairomones. *Functional Ecology*. 14: 455-459.
- Vasile, A. and Suchar, P. C. 2006. The effects of algae species and densities on the population growth of the marine rotifer, *Chlorella dicentra*. *Experimental Marine Biology and Ecology*, 337: 96-102.
- Wetzel, R. G. 1983. Limnology. 2nd Edition. CBS College Publishing, Philadelphia, USA. Pp.125-320.
- Yosefi Garakae, M., Nezami, Sh., Mehdinejad, K. and Khara, H. 2005. Determination of maximum allowable concentration and Lc₅₀96h of Sefidroud River sediments for Persian Sturgeon (*Acipenser persicus*) fingerlings. *Iranian Scientific Journal*, 3: 144-153.
- Daphnia magna*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 73: 400-406.
- Kerfoot, W. C., Demott, W. R. and Levitan, C. 1985. Non-linearities in competitive interactions: Component variables or system response? *Ecology*. 66: 959-965.
- Krebs, C. J. 1985. Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance, 3rd edition. Harper and Row, New York, USA. 789P.
- Lavense, P. and Sorgeloss, P. 1996. Manual on use and production and use of live food aquaculture and artemia eference center, University of Ghent, Belgium, Published by FAO.
- Mahdinejad, K. 1996. Studies on feeding value of selected algae species for filter feeding fish and zooplankton. Thesis submitted to the Hungarian Academy of Sciences for the candidate of Sciences (Ph.D. Degree). 113 p.
- Mehdipour, N., Fallahi, M., Azari Takami, G., Vossoughi, G. and Mashinchian, A. 2011. Freshwater green algae *Chlorella* sp. And *Scenedesmus obliquus* enriched with B group of vitamins can enhance fecundity of *Daphnia magna*. *Iranian Journal of Science and Technology*, A2: 157-163.
- Miller, W. E., Greene, J. C. and Shyrooyama, T. 1978. The *Selenastrum capricornutum* Printz algal assay bottle test. U.S.EPA Rep. 600/9-78-018.
- Muller Navarra, D. and Lampert, W. 1996. Seasonal patterns of food limitation in *Daphnia galeata*: Separating food quantity and food quality effects. *Journal of Plankton Research*, 18: 1137-1157.
- Murthaugh, P. A. 1985. The influence of food concentration and feeding on the gut residence time of *Daphnia*, *Journal of Plankton Research*, 7: 415-420.

Feeding behavior of *Daphnia magna* fed with *Ankistrodesmus falcatus* and *Scenedesmus obliquus*

Tayebeh Enayat Gholampour¹ and Hossein Piri¹

1- Ph.D. student of Fisheries, Inland Aquatic Stocks Research Center, Gorgan, Iran

Received: 01.11.2012

Accepted: 17.06.2013

*Corresponding author: 09113778807, E-mail: piri_hossein@yahoo.com

Abstract: Feeding of *Daphnia magna* with two unicellular green algae, *Ankistrodesmus falcatus* and *Scenedesmus obliquus*, was investigated. The experiment was conducted in three replications and under similar condition (Z-8 medium and 14L: 10D). The results indicated that the filtration rate by *D. magna* decreased with increasing algal concentration, but no significant difference between the two treatments was evident ($p>0.05$). Increase in algal concentration resulted into significant increase in the ingestion and feeding rates of *D. magna* ($p<0.05$). The specific growth rate of *D. magna* fed with *S. obliquus* was significantly higher than those fed with *A. falcatus* ($p<0.05$); the maximum specific growth rate when fed with *S. obliquus* was observed in 6 mg/l. The survival rate of *D. magna* showed no significant difference between the two algal treatments ($p>0.05$). Based on the presented results, *D. magna* performed better when fed with *S. obliquus*.

Keywords: *Daphnia magna*, *Ankistrodesmus falcatus*, *Scenedesmus obliquus*, Ingestion Rate