

نشریه شیلات، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۶، شماره ۸، زمستان ۱۳۹۲

۴۶۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۳/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۹/۲

پرورش پاروپای آب شیرین *Eucyclops serrulatus* با استفاده از جیره‌های جلبکی و غیرجلبکی در شرایط آزمایشگاهی

❖ امیدوار فرهادیان*: استادیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
❖ رحمان خرامان‌نیا: دانشجوی کارشناسی ارشد گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
❖ نصرالله محبوبی صوفیانی: استاد گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
❖ عیسی ابراهیمی: دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

چکیده

پاروپایان، از سخت‌پوستان زئوپلانکتونی، طعمه‌های مناسبی برای تغذیه لارو ماهیان‌اند. در تحقیق حاضر تأثیر ۵ تیمار غذایی مختلف شامل جلبک سبز *Scenedesmus quadricauda*، پودر غلات گیاهی (برنج+گندم+کلزا+جو)، پودر غذای ماهی، پودر مخلوط کود (کود مرغی+کود گاوی) و مخمر نانوبی (*Saccharomyces cerevisiae*) در میزان تولید، رشد و اندازه بدن در پاروپای آب شیرین *Eucyclops serrulatus* بررسی شد. نتایج نشان داد که میانگین تولید ناپلیوس $48/8 \pm 4/7$ (خطای استاندارد \pm)، $28/4 \pm 2/35$ ، $28/1 \pm 17/7$ ، $15/9 \pm 1/8$ و $2/6 \pm 1/8$ فرد به ازای هر ماده و میانگین تولید کپه پودیت $4/9 \pm 1/37$ ، $29/3 \pm 3/2$ ، $18/6 \pm 1/10$ و $7/1 \pm 1/8$ فرد به ازای هر فرد ماده به ترتیب با پودر غذای ماهی، مخمر، پودر غلات گیاهی، جیره جلبکی سندسموس و کود مخلوط است. پودر غذای ماهی مناسب‌ترین جیره برای پرورش پاروپای *E. serrulatus* بود، زیرا بیشترین تولید کل پاروپا (ناپلیوس+کپه پودیت+بالغ) ($3/7 \pm 101/3$ فرد به ازای هر فرد ماده یا $94/2 \pm 2533/0$ فرد در هر لیترا)، میزان رشد ویژه ($0/15$ در روز)، کوتاه‌ترین زمان دوبرابردن جمعیت ($4/60$ روز)، و بالاترین اندازه بدن ($691/8$ میکرومتر طول و $298/2$ میکرومتر عرض) را داشت. در مجموع نتایج این تحقیق بر اساس تولید، رشد و اندازه بدن مشخص کرد که پاروپای *E. serrulatus* پتانسیل مناسب پرورش با جیره‌های جلبکی و غیرجلبکی را دارد، اما عملکرد مناسب‌تر در جیره‌های غیرجلبکی دیده شد.

واژگان کلیدی: پاروپایان، تولید، جیره‌های جلبکی و غیرجلبکی، رشد، *Eucyclops serrulatus*

۱. مقدمه

ژئوپلانکتون‌ها، با زندگی در محیط‌های آبی، در انتقال مواد و انرژی به سطوح غذایی بالای زنجیره غذایی نقش اساسی دارند. آنها از فیتوپلانکتون‌ها تغذیه می‌کنند و دومین حلقه مهم شبکه غذایی را تشکیل می‌دهند (Dumont *et al.*, 1975; Boxshall and Daniell, 2008).

پاروپایان (Copepoda یا کپه‌پود) از مهم‌ترین ژئوپلانکتون‌ها در حلقه ارتباطی بین فیتوپلانکتون‌ها و سطوح غذایی بالاتر در اغلب اکوسیستم‌های آبی‌اند (Fernando, 2002). در طبیعت بیشتر لاروهای ماهیان و میگوها طی چند هفته اول زندگی شان از پاروپایان به لحاظ داشتن اندازه مناسب همچنین، مناسب‌بودن اسیدهای چرب اشباع‌نشده و دیگر مواد غذایی ضروری تغذیه می‌کنند (Lavens and Sorgeloos, 1996 Farhadian *et al.*, 2008). مطالعات نشان داده است که این اسیدهای چرب، به ویژه ایکوزاپنتانوئیک اسید (C20:5n-3) و دایکوزاهگزانوئیک اسید (C22:6n-3)، در پاروپایان به مقدار فراوان یافت می‌شوند. پاروپایان منابع طبیعی آنتی‌اکسیدان، آستاگزاتین و ویتامین‌های C و E هستند (Watanabe *et al.*, 1983). آنتی‌اکسیدان‌های قوی، که مانع پراکسیدشدن اسیدهای چرب اشباع‌نشده می‌شوند، در پاروپایان یافت می‌شوند و به طور درخور ملاحظه‌ای برای سلامتی لارو ماهیان مفیدند (Kraul *et al.*, 1992; Lavens and Sorgeloos, 1996; Lim *et al.*, 2003).

در مقایسه با روتیفر و آرتمیا مشکل اصلی پرورش پاروپایان، به‌منزله غذای زنده، پایین‌بودن میزان تراکم تولید آنها در سیستم‌های پرورشی انبوه است (Abdullahi, 1992; Carliet *et al.*, 1995; Evjemo *et al.*, 2004). پاروپایان از طیف وسیعی از غذاها شامل جلبک‌ها، دیتريتوس‌ها، باکتری‌ها، روتیفرها، شیرونومیدها و حتی لارو ماهی‌ها تغذیه می‌کنند.

اطلاعات درباره تغذیه پاروپایان سیکلوپوئید هنوز ناقص و اندک است؛ تعدادی از سیکلوپوئیدها همه‌چیزخوارند، تعدادی از دیتريتوس‌های آلی تغذیه می‌کنند، تعدادی علف‌خوار و تعدادی هم رفتار غذایی گوشت‌خواری دارند (مانند *Acanthocyclops*). گونه‌های بزرگ‌ترشان مانند جنس‌های *Macrocylops*، *Megacylops*، *Cyclops* و *Acanthocyclops* شکارچینی واقعی‌اند (McAllister, 1970; Brandl and Fernando, 2002; Paffenhofer, 1988; Fernando, 2002).

از اوایل دهه ۱۹۹۰ احیای تلاش برای پرورش متراکم گونه‌های خاصی از پاروپایان خصوصاً به علت کاهش جهانی سیست آرتمیا بوده است. بنا بر نتایج این تحقیقات، گونه‌هایی از پاروپایان که دوره‌های تولیدمثلی کوتاه دارند برای اهداف پرورش مناسب‌ترند. اگرچه پرورش پاروپایان در سیستم‌های بسته موفقیت‌آمیز بوده است، ولی تولید انبوه آنها در مقیاس‌های تجاری، به سبب تکنیک‌های دخیل در این کارها، هنوز به دست نیامده است و در حال پیشرفت است. تاکنون، بیشتر از ۹۰ گونه پاروپا به صورت آزمایشگاهی پرورش داده شده‌اند؛ در حالی که، پرورش انبوه پاروپایان و رسیدن به مقیاس‌های تجاری دلگرم‌کننده نیست که به احتمال زیاد به کمبود دانش فنی در این زمینه برمی‌گردد (Omori, 1973; Ohno and Okamura, 1988; Sarma *et al.*, 2003).

Kahan *et al.* (1982) در مطالعه‌ای، با استفاده از جیره غذایی گیاهی ترکیبی از کاهو، دانه گندم، هویج، اسفناج، نخود و گوجه‌فرنگی، تولیدی برابر با ۳۸۳۰۰ فرد در لیتر پاروپای *Tisbe holothuria* و ۱۳۶۳۰۰ فرد در لیتر پاروپای *Amphiascella subdebili* به دست آوردند. Hernandez Molejon and Alvarez-Lajonchere (2003) گزارش کردند که تولید کل پاروپای

متری در آذر ۱۳۸۸ از کارگاه پرورش ماهی کرسگان اصفهان نمونه برداری شدند. نمونه‌ها به صورت زنده و با دقت به آزمایشگاه گروه شیلات دانشگاه صنعتی اصفهان منتقل شدند. نمونه‌های زئوپلانکتونی در شرایط آزمایشگاهی با اضافه کردن آب شهر (Tap water) و کاهش دادن تراکم نمونه‌ها نگهداری شدند. پس از ۲ روز نگهداری، پاروپایان جنس ماده دارای تخم (گراوید) (female Gravid) از گونه *E. serrulatus* از سایر گونه‌های زئوپلانکتونی با استفاده از یک پیست پاستور (۳/۵ میلی لیتر) جداسازی شدند و درون پتری دیش از قبل شسته شده و عاری از هرگونه آلودگی منتقل شدند. ماده‌های دارای تخم جدا و با لوپ آزمایشگاهی (Olympus, SZ6045, Japan) بررسی شدند و پس از حصول اطمینان از وجود تنها یک فرد در هر ظرف، با جلبک سبز سندسموس (*Scenedesmus quadricauda*) تغذیه شدند. سپس، برای پرورش در شرایط آزمایشگاهی و به دست آوردن تعداد کافی پاروپا به مدت ۴ ماه با استفاده از جیره‌های جلبکی و غیرجلبکی و در شرایط آزمایشگاهی پرورش داده شدند. پس از تولید چندین نسل خالص از پاروپای *E. serrulatus* و به دست آوردن ذخیره مناسب از افراد ماده دارای تخم با نوبت اول رسیدگی جنسی (Original gravid) آزمایش مورد نظر انجام شد.

۲.۲. نحوه شناسایی گونه مورد آزمایش

گونه مورد نظر با استفاده از کلیدهای شناسایی زئوپلانکتون‌های آب شیرین شناسایی شد (Collado et al., 1984; Dussart and Defaye, 2001; Fernando, 2002). نام علمی گونه مورد نظر *E. serrulatus* است که با استفاده از اندام‌هایی چون پای پنجم، آنتن کوچک و بزرگ، پای چهارم، بند تناسلی و فورکا شناسایی شد که برخی از آنها در شکل ۱ ارائه شده است.

Oithona oculata در تانک ۲۵۰۰ لیتری هنگام تغذیه با جلبک *Nannochloropsis oculata* و مخمر نانویی به ۵ تا ۸ فرد در میلی لیتر می‌رسد. (Sun and Fleeger (1995) در مطالعه‌ای پاروپای *Amphiascoides atopus* را در حجم ۴۰ لیتری و با جیره غذایی جلبک *Chaetoceros mulleri* پرورش و تولیدی برابر با $2/8 \times 10^6$ فرد در روز را گزارش دادند. (Lee et al. (2006) پاروپای سیکلوپوئید *Paracyclopsina nana* را با استفاده از جیره‌های مختلف جلبکی پرورش دادند و ۹۵ ناپلیوس در هر میلی لیتر و ۱۱۹ فرد بالغ را در هر میلی لیتر گزارش دادند.

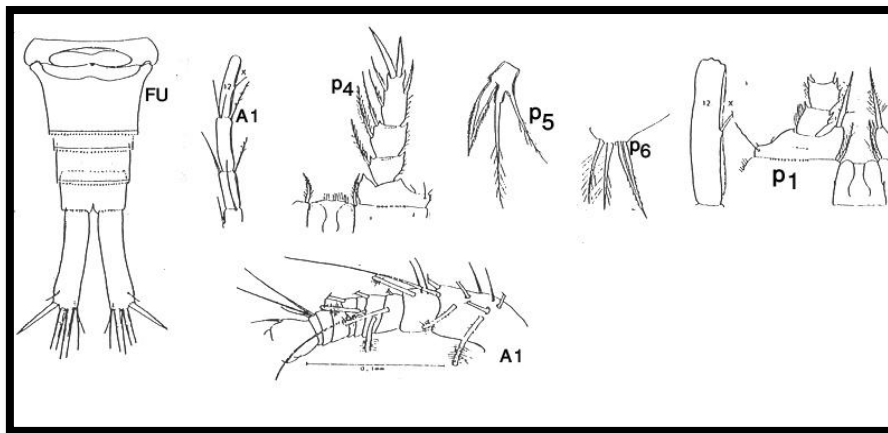
پاروپای (Fishcher, *Eucyclops serrulatus* (1851) متعلق به پاروپایان سیکلوپوئید (Cyclopoidae: Copepoda) است که پراکندگی وسیعی در مناطق لیمتیک و گرمسیری دارد. پاروپایان سیکلوپوئید، مانند اکثر پاروپایان آزادی، ۶ مرحله ناپلیوس و ۵ مرحله کپه پودیت دارند. در میان پاروپایان سیکلوپوئید، *E. serrulatus* به علت توانایی بقا تحت شرایط مختلف محیطی (مانند شرایط کم اکسیژن) بیشتر مورد توجه قرار گرفته است (Otsu et al., 1974; Alekseev et al., 2006; Nandini and Sarma, 2007).

تاکنون مطالعات بسیار اندکی درباره بیولوژی، تغذیه و استفاده از گونه پاروپای *E. Serrulatus* انجام شده است. با توجه به لزوم مطالعات بیولوژیکی و اهمیت پاروپایان در تغذیه لارو ماهیان، به دست آوردن روش‌های تولید پاروپای *E. serrulatus* با غذاهای مختلف جلبکی و غیرجلبکی بسیار اهمیت دارد که در این مطالعه بررسی می‌شود.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. تهیه پاروپای *E. serrulatus*

نمونه‌های زئوپلانکتونی آب شیرین با استفاده از تور پلانکتون گیر، با چشمه ۱۰۰ میکرومتر، از عمق ۱/۵-۱



شکل ۱. اندام‌های مورد استفاده در شناسایی *E. serrulatus*

در این اشکال قسمت‌های مختلف شناسایی پاروپای *E. serrulatus* مشاهده می‌شود. فورکا (Fu)، پای اول شناگری و پرده بین دو قسمت پای اول (P1)، پای چهارم شناگری (P4)، پای پنجم (P5)، پای ششم (P6) و آنتنول (A1) (Fernando, 2002).

۳.۲. تهیه تیمارهای جلبکی و غیرجلبکی

جمع‌آوری اولیه نمونه‌های جلبکی حاوی جلبک سبز *Scenedesmus quadricauda* از آب استخرهای پرورش ماهی دانشگاه صنعتی اصفهان و کارگاه کرسگان اصفهان انجام شد؛ سپس، با استفاده از میکروبیوت سلول‌های فیتوپلانکتونی جدا شدند و، با بهره‌گیری از محیط کشت جامد آگار و تجدید مداوم کشت، استوک خالص تهیه شد. برای تهیه محیط کشت جامد به ۲۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر ۲ گرم آگار (Agar Bold Basal's) و محیط کشت (BBM) بر اساس (Nichols and Bold (1965) اضافه شد. محیط کشت تهیه شده در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه اتوکلاو شد. آنگاه محلول به صورت مایع و تقریباً گرم و در شرایط ضد عفونی و استریل شده درپتری دیش‌های پلاستیکی ریخته و درب آن با پارافیلیم بسته شد. سپس، محیط کشت در دمای اتاق به حالت جامد تبدیل شد. بعد از تهیه محیط کشت، نمونه ناخالص تهیه شده از استخرهای پرورش ماهیروی محیط کشت اسپری شد تا کلونی‌های جلبکی بعد از ۱۰ روز

تشکیل شوند. بعد از تشکیل کلونی‌ها و مشاهده آنها زیر میکروسکوپ، جلبک سبز *S. quadricauda* به محیط کشت مایع منتقل شد. جلبک بعد از کشت‌های متوالی خالص شد. پس از خالص‌سازی، از روش آزمایشگاهی پرورش جلبک، در ارلن مایرهای دو لیتری با محیط کشت BBM، برای کشت انبوه آنها استفاده شد. شرایط پرورش جلبک شامل دمای آب ۲۳ درجه سانتی‌گراد، آب شیرین فیلتر شده واتوکلاو شده، دوره نوری ۱۲ ساعت نور و ۱۲ ساعت تاریکی، شدت نور ۶۰ میکرومول فوتون بر متر مربع در ثانیه، pH برابر ۶/۹ در آغاز پرورش و اکسیژن محلول بالای ۵ میلی‌گرم در لیتر بود. برای برداشت از دستگاه ساتریفیوژ (Centurion Scientific Ltd) در سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه برای مدت ۵ دقیقه استفاده شد. جلبک *S. quadricauda* بعد از جمع‌آوری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد تا برای تغذیه پاروپای *E. serrulatus* استفاده شود. تعیین تراکم جلبک در تغذیه پاروپای *E. serrulatus* و کنترل میزان آن در دوره آزمایش، با لام هموسایتمتری (۰/۲ mm × ۰/۰۶۲۵ mm) و میکروسکوپ اینسورت

(تیمار ماهی)، پس از پودر کردن با دستگاه آسیاب، از الک با چشمه ۱۰۰ عبور داده شدند تا اندازه ذرات غذایی یکسان شود. برای به دست آوردن مخلوط هر یک از تیمارهای غذایی کود و غلات، نسبت وزنی مساوی آنها با هم مخلوط شد (جدول ۱).

(Ceti Belgium) بر اساس روش Martinez and Chakroff (1975)، پس از تثبیت نمونه‌ها در محلول لوگول آیدین (۰/۱ میلی لیتر در ۳ میلی لیتر نمونه) انجام شد. سایر تیمارها شامل تیمار کود مخلوط (کود مرغی + گاوی)، تیمار مخلوط غلات گیاهی (برنج + گندم + کلزا + جو)، مخمر نانواپی (تیمار مخمر) و پودر غذا

جدول ۱. مشخصات تیمارهای استفاده شده در پرورش پاروپای *E.serrulatus*

نام تیمار	مشخصات	دفعات تغذیه
جلبک <i>Scenedesmus quadricauda</i>	سبز رنگ، طول ۰/۵±۰/۲۱ میکرون، عرض ۰/۳±۰/۷ میکرون، ۴×۱۰۵ سلول در میلی لیتر	دو روز یکبار
مخلوط کود (مرغی+گاوی) (۱:۱ وزنی)	قهوه‌ای رنگ و پودر شده، از هر کدام ۰/۵ میلی گرم	دو روز یکبار
مخلوط پودر گیاهی غلات (برنج+ گندم+ کلزا+ جو) (۱:۱:۱:۱ وزنی)	شیری رنگ، از هر کدام ۰/۵ میلی گرم	دو روز یکبار
مخمر نانواپی	خشک، سفید رنگ و پودر شده، ۰/۵ میلی گرم	دو روز یکبار
پودر غذای ماهی	FFT، قهوه‌ای رنگ، ۰/۵ میلی گرم	دو روز یکبار

میلی گرم به محیط کشت اضافه شد. هر روز قبل از غذادهی باقی مانده غذاها از کف ظروف، با استفاده از پیپت پاستور، جمع‌آوری می‌شد. تعویض آب نمونه‌ها هر ۲ روز یک نوبت به میزان یک سوم محیط کشت انجام شد. در پایان آزمایش، از هر واحد آزمایشی نمونه‌ای حاوی ۱۰ سی سی برداشته شد و با استفاده از لام باگاروف (Bogorov's Plate) و لوپ آزمایشگاهی (مدل Olympus, SZ6045, Japan) تعداد ناپلیوس، کپه پودیت و بالغان در جمعیت شمارش شدند. همچنین، از هر تکرار یک نمونه با فرمالین ۴ درصد تثبیت شد و طول (از سفالوتوراکس تا انتهای *Caudal rami*) و عرض (عریض‌ترین قسمت بدن) افراد بالغ و ماده با استفاده از میکروسکوپ دارای عدسی چشمی اندازه‌گیری شد.

۴.۲. نحوه انجام دادن آزمایش

پنج تیمار غذایی مطابق با جدول ۱ هر کدام با ۳ تکرار برای پرورش پاروپای *E. serrulatus* برای دوره‌ای ۳۰ روزه در نظر گرفته شدند. در انجام دادن آزمایش، برای هر کدام از تیمارها ۵ ماده بالغ و دارای تخم (گراوید) (شکل ۲-الف) پس از جدا کردن از جمعیت‌های آماده شده در استوک (یا ذخیره خالص سازی شده) و قراردادن آنها در بشرهای ۲۵۰ میلی لیتری و با دمای آب 1 ± 26 درجه سانتی‌گراد و pH آغازین ۷/۵-۷/۱ به طور تصادفی در نظر گرفته شدند. دوره نوری به صورت ۱۲ ساعت تاریکی و ۱۲ ساعت روشنایی تنظیم شد. غذادهی با جیره‌های مختلف هر ۲ روز یکبار و در هر بار $10^5 \times 4$ سلول در هر میلی لیتر غذای جلبکی سندسموس انجام شد و از سایر جیره‌ها ۰/۵



الف



ب

شکل ۲. پاروپای بالغ *E. serrulatus* دارای تخم (الف) و تخم ریخته (ب)

نتایج نشان داد که بیشترین تولید ناپلیوس *E. serrulatus* به ازای هر فرد ماده اولیه ذخیره‌سازی شده به طور میانگین $4/7 \pm 48/8$ فرد (خطای استاندارد) در استفاده از تیمار پودر غذای ماهی و کمترین تولید ناپلیوس به ازای هر فرد $1/8 \pm 2/6$ فرد در جیره غذایی کود مخلوط است. تولید ناپلیوس در جیره‌های غذایی مخمر $2/35 \pm 28/4$ ، پودر غلات گیاهی $2/1 \pm 17/7$ و جیره جلبکی سندسموس $1/8 \pm 15/9$ فرد به ازای هر ماده به دست آمد (شکل ۳-الف). بیشترین تولید کپه پودیت به ازای هر فرد ماده به طور میانگین $4/9 \pm 37/3$ فرد در جیره پودر غذای ماهی و کمترین کپه پودیت $1/8 \pm 5/3$ فرد در جیره مخلوط کود بود. همچنین، تولید کپه پودیت با مخمر $1/8 \pm 29/3$ ، پودر غلات گیاهی $3/2 \pm 18/6$ و جیره جلبکی سندسموس $1/0 \pm 7/1$ فرد به دست آمد (شکل ۳-ب). میانگین بالاترین تولید افراد بالغ به ازای هر فرد ماده $2/ \pm 15/1$ با پودر غذای ماهی و کمترین در تیمار مخلوط کود به میزان $1/0 \pm 1/7$ فرد بود. تولید افراد بالغ در مخمر $1/8 \pm 10/6$ ، پودر

میزان رشد ویژه (SGR) با استفاده از رابطه $SGR = (\ln N_2 - \ln N_1) / \Delta t$ محاسبه شد که در آن N_2 و N_1 به ترتیب تراکم جمعیت در آغاز و پایان دوره پرورش و Δt مدت زمان انجام دادن آزمایش است (Omori and Ikeda, 1984). زمان دوبرابرسدن (DT) جمعیت جلبک‌ها با استفاده از رابطه $DT = \log^2 e / SGR$ محاسبه شد (James and Al-Khars, 1986).

۵.۲. تجزیه و تحلیل آماری

همه تحلیل‌های آماری در نرم‌افزار SPSS انجام شد. از آزمون کالموگروف-اسمیرنف به منظور بررسی نرمال بودن داده‌ها استفاده شد. پس از اطمینان از توزیع نرمال داده‌ها و یکنواختی واریانس‌ها از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (one-way ANOVA) برای بررسی وجود و نبود اختلاف معنی‌داری بین تیمارها و از آزمون چنددامنه‌ای دانکن برای مقایسه بین میانگین استفاده شد (Zar, 1984).

۳. نتایج

نتایج تغذیه پاروپای *E. serrulatus* با جیره‌های غذایی جلبکی و غیرجلبکی در شکل ۳ ارائه شده است.

۰/۰۰۴ ± ۰/۱۳ در روز، پودر گیاهی ۰/۰۰۳ ± ۰/۱۰ در روز و سندسموس ۰/۰۰۳ ± ۰/۰۸ در روز تعیین شد (شکل ۵-الف).

بیشترین میزان زمان دوبرابرشدن جمعیت (D_t) در پاروپای *E. serrulatus* در این آزمایش مربوط به تیمار مخلوط کود به میزان ۱/۶۱ ± ۱۷/۰۱ روز و کمترین زمان دوبرابرشدن به میزان ۰/۰۵ ± ۴/۶۰ مربوط به تیمار پودر غذای ماهی است (شکل ۵-ب). این میزان در مخمر ۰/۱۹ ± ۵/۳۱، غلات گیاهی ۰/۲۱ ± ۶/۶۱ و سندسموس ۰/۲۸ ± ۷/۸۵ روز بود. به طور کلی، بیشترین میزان تولید، رشد و کمترین زمان دوبرابرشدن در جمعیت *E. serrulatus* تغذیه شده با پودر غذای ماهی به دست آمد.

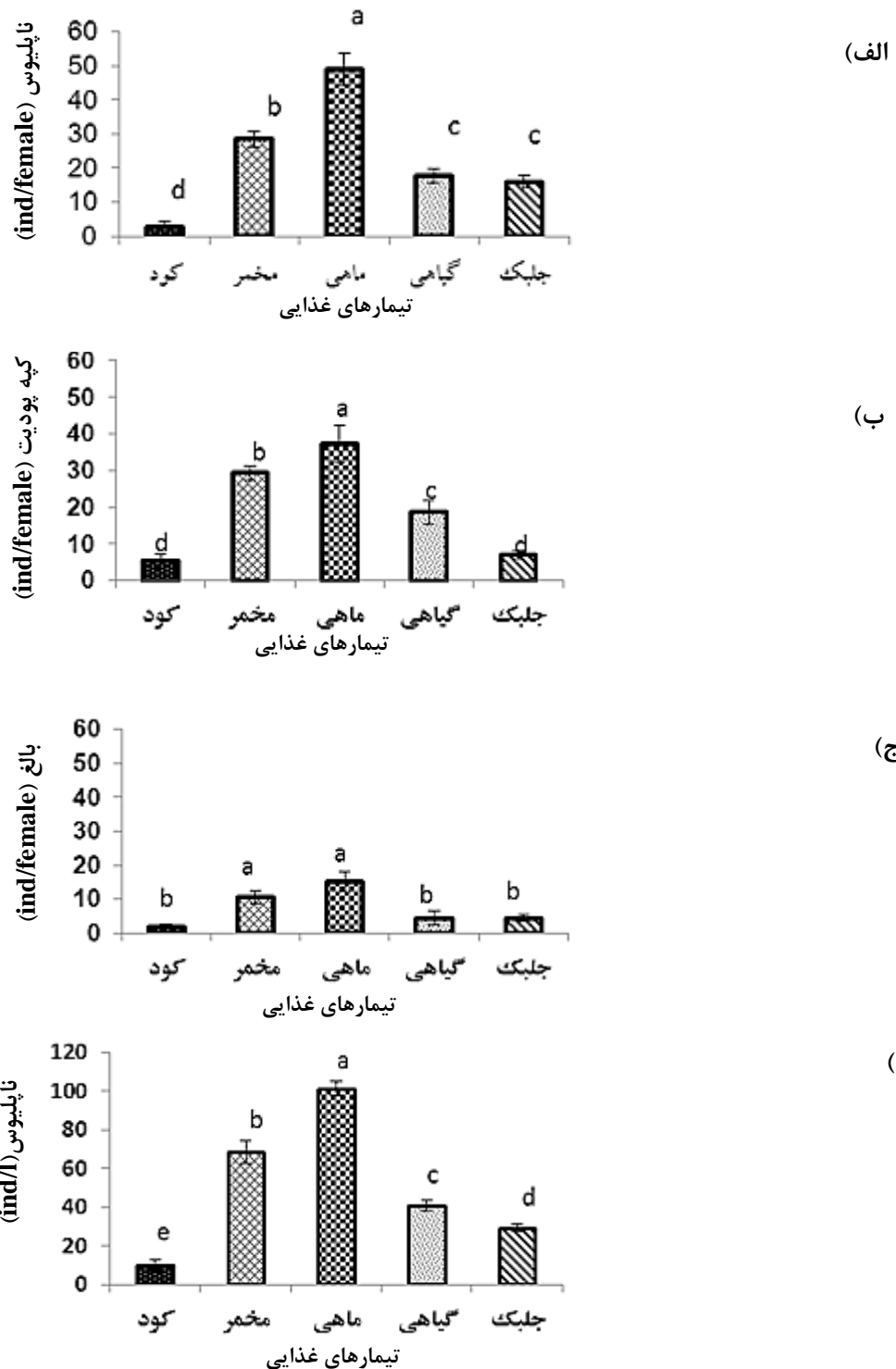
نتایج اندازه گیری طول و عرض پاروپای *E. serrulatus* تغذیه شده با جیره های مختلف در جدول ۲ ارائه شده است. به منزله شاخص، طول بالغان ماده تغذیه شده با پودر غذای ماهی بیشترین طول (۰/۸۲ ± ۶۹۱/۸ میکرومتر) را داشت که اختلاف معنی داری با غلات گیاهی، سندسموس و کود داشت ($P \leq 0/05$). نتایج نشان داد که عرض بدن پاروپای *E. serrulatus* تغذیه شده با پودر غذای ماهی بیشترین است (۰/۴۲ ± ۲۹۸/۲ میکرومتر) و با جیره های جلبکی و مخلوط کود اختلاف معنی داری دارد ($P \leq 0/05$). به طور کلی، می توان گفت که استفاده از پودر غذای ماهی و مخمر باعث افزایش طول و عرض پاروپای *E. serrulatus* می شود.

غلات گیاهی ۲/۱ ± ۴/۴ و سندسموس ۱/۰ ± ۴/۴ فرد تعیین شد (شکل ۳-ج).

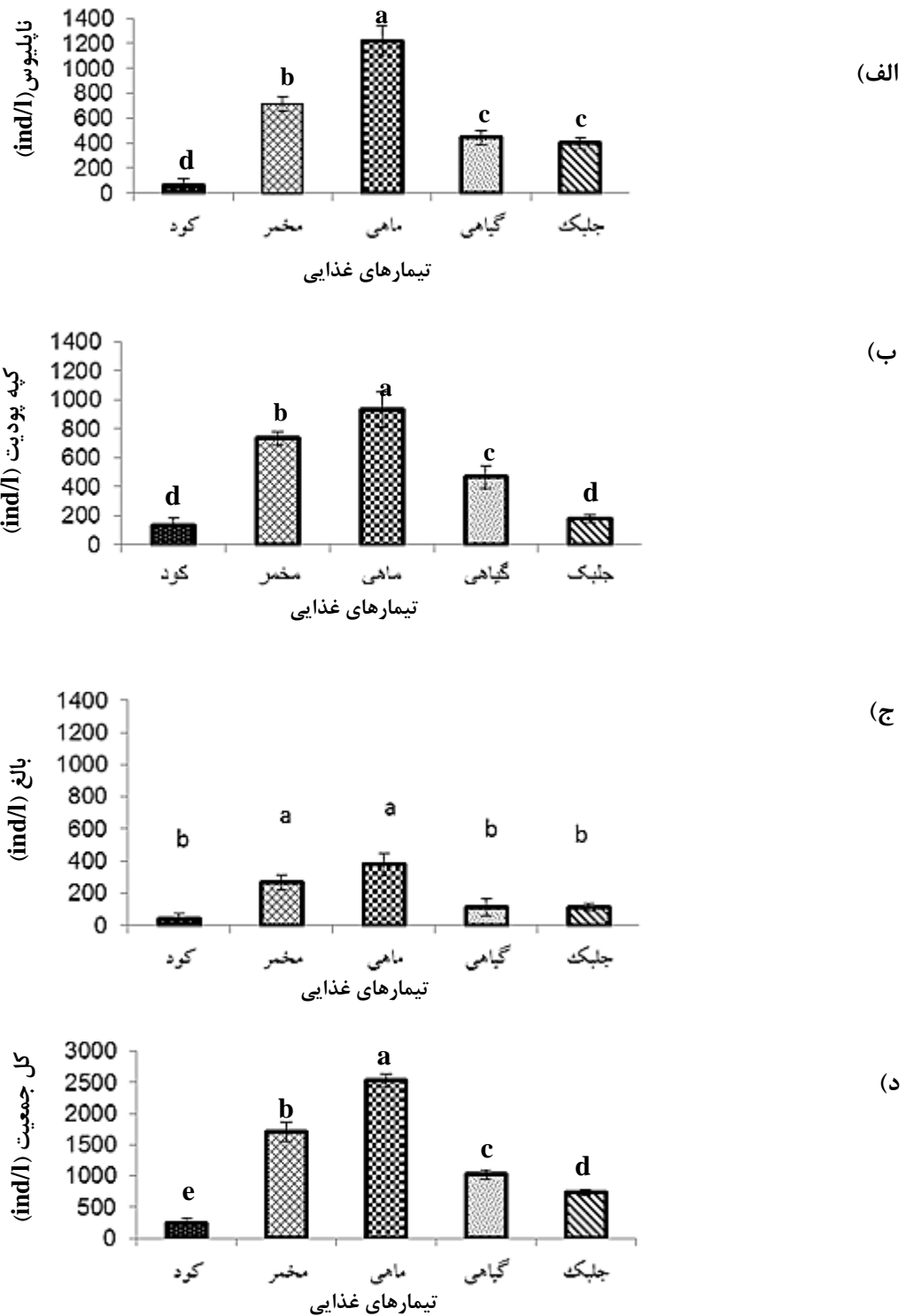
به طور کلی، بیشترین تولید کل پاروپای *E. serrulatus* به ازای هر فرد ماده (مجموع ناپلیوس + کپه پودیت + بالغ) ۳/۷ ± ۱۰۱/۳ فرد در جیره غذایی پودر ماهی و کمترین تولید در جیره غذایی مخلوط کود به میزان ۲/۸ ± ۹/۷ فرد محاسبه شد (شکل ۳-د). همچنین، تولید کل پاروپای *E. serrulatus* به ازای هر فرد در تیمار مخمر ۶/۰ ± ۶۸/۴، پودر غلات گیاهی ۲/۸ ± ۴۰/۸ و جیره جلبکی سندسموس ۱/۸ ± ۲۹/۳ فرد به دست آمده است.

تولید پاروپای *E. serrulatus* به ازای هر لیتر از محیط کشت در شکل ۴ ارائه شده است. بیشترین تولید کل پاروپای *E. serrulatus* در هر لیتر ۹۴/۲ ± ۲۵۳۳/۰ فرد در تیمار پودر ماهی و کمترین در تیمار مخلوط کود به میزان ۷ ± ۲۴۴/۴ فرد بود. تولید کل پاروپای *E. serrulatus* در جیره های غذایی مخمر ۱۵۱/۵ ± ۱۷۱۰/۹، پودر غلات گیاهی ۷۲ ± ۱۰۲۲/۱ و جیره جلبکی سندسموس ۴۷/۱ ± ۷۳۳/۲ فرد در لیتر به دست آمد.

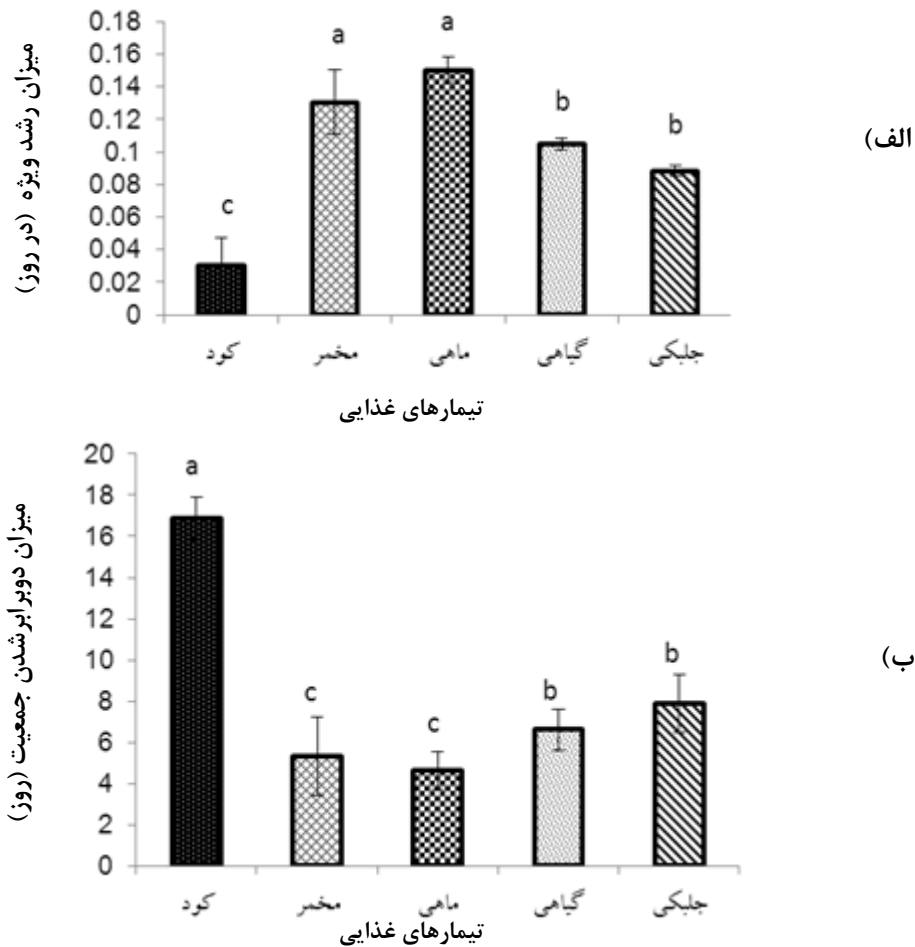
نتایج میزان رشد ویژه (SGR) برای دوره ۳۰ روزه آزمایش محاسبه شد (شکل ۵-الف). نتایج نشان داد که بیشترین میزان سرعت رشد ویژه پاروپای *E. serrulatus* در تیمار پودر غذای ماهی به میزان ۰/۰۰۱ ± ۰/۱۵ در روز و کمترین سرعت رشد ویژه به میزان ۰/۰۱۶ ± ۰/۰۳ در روز مربوط به تیمار مخلوط کود است. سرعت رشد ویژه در جیره مخمر



شکل ۳. میانگین (\pm خطای استاندارد) تولید ناپلیوس (الف)، کپه پودیت (ب)، بالغان (ج) و کل جمعیت (د) پاروپای *E. serrulatus* تغذیه شده با جیره‌های غذایی مختلف به ازای هر فرد ماده اولیه. حروف مشخص شده در هر ستون با حد اقل یک حرف مشابه، از نظر آماری با آزمون دانکن اختلاف معنی داری ندارند ($P \geq 0.05$).



شکل ۴. میانگین (\pm خطای استاندارد) تولید ناپلیوس (الف)، کپه پودیت (ب)، بالغان (ج) و کل جمعیت (د) پاروپای *E. serrulatus* تغذیه شده با جیره های غذایی مختلف در هر لیتر. حروف مشخص شده در هر ستون با حداقل یک حرف مشابه، از نظر آماری با آزمون دانکن اختلاف معنی داری ندارند ($P \geq 0.05$).



شکل ۵. میانگین (\pm خطای استاندارد) میزان رشد ویژه (SGR) (الف) و میزان دو برابر شدن جمعیت (Dt) پاروپای *E. serrulatus* تغذیه شده با جیره‌های مختلف غذایی. حروف مشخص شده در هر ستون با حداقل یک حرف مشابه، از نظر آماری با آزمون دانکن اختلاف معنی داری ندارند ($P \geq 0.05$).

جدول ۲. طول و عرض (بر حسب میکرومتر) پاروپای *E. serrulatus* در جیره‌های مختلف آزمایش

تیمارها					فاکتورها
کود	جلبک	گیاهی	مخمر	پودر غذای ماهی	
۶۸۴/۴ \pm ۱/۰۴ ^c	۶۸۵/۶ \pm ۰/۵۷ ^{bc}	۶۹۰/۲ \pm ۰/۴۲ ^b	۶۹۱ \pm ۰/۹۴ ^a	۶۹۱/۸ \pm ۰/۸۲ ^a	طول بالغان
۲۹۴ \pm ۱/۲۷ ^c	۲۹۴/۶ \pm ۰/۵۷ ^{bc}	۲۹۶/۴ \pm ۰/۹۱ ^{ab}	۲۹۸ \pm ۰/۳۵ ^a	۲۹۸/۲ \pm ۰/۴۲ ^a	عرض بالغان

حروف مشخص شده در هر ردیف با حداقل یک حرف مشابه، از نظر آماری با آزمون دانکن اختلاف معنی داری ندارند ($P \geq 0.05$).

پاروپای ماده و میزان رشد ویژه ۰/۰۳-۰/۱۵ بر روز به دست آمد که در هر دو فاکتور مقادیر بیشترین و کمترین به ترتیب مربوط به تیمار پودر غذای ماهی و

۴. بحث و نتیجه گیری

در این مطالعه دامنه تراکم جمعیت پرورش یافته از پاروپای *E. serrulatus*، ۹/۷-۱۰۱/۳ فرد به ازای هر

مخصوصاً افراد ناپلیوس، به‌خوبی از این موجودات تغذیه می‌کنند (Gophen et al., 1974; James et al., 1983). با توجه به رفتار تغذیه‌ای پاروپای *E. serrulatus*، اندازه مناسب سلول‌های مخمر، قابل هضم بودن همچنین، نبود مواد بازدارنده رشد و تولیدمثل می‌توان بیان کرد که مخمر نان جیره غذایی بسیار مناسب‌تری در مقایسه با پودر غلات گیاهی، کود و سندسموس است.

تولید پایین پاروپای *E. serrulatus* تغذیه‌شده با کودهای مخلوط را می‌توان عمدتاً به پایین بودن ارزش غذایی کود، اندازه ذرات آن و آلودگی محیط به واسطه افزایش نیترات و فسفر همچنین، کاهش کیفیت آب مرتبط دانست. از دیگر موارد مهم در این مطالعه پایین بودن تولید و رشد *E. serrulatus* با جیره غذایی حاوی سندسموس است. در مطالعاتی که تاکنون با جیره‌های جلبکی مختلف انجام شده است، با توجه به نوع جلبک و گونه‌های مختلف پاروپایان، عملکرد تولید و رشد مختلفی گزارش شده است (Abdullahi, 1992; Hsu, 1999; Cheng et al., 2001; Hernandez Molejon and Alvarez-Lajonchere, 2003; Farhadian et al., 2008). از مواردی که می‌توان برای رشد و تولید پایین در استفاده از سندسموس (*S. quadricauda*) بیان کرد، ساختار سلولی و تغییرات شکل کلونی‌های این جلبک است. جلبک سندسموس بیضی‌شکل است و بیشتر به صورت مخلوطی از کلونی‌های ۲، ۴، ۸ و ۱۶ سلولی در کنار یکدیگر است. اندازه سلول آن ۱۸-۱۱ میکرومتر طول و ۷/۵-۳ میکرومتر عرض با انتهای سلولی برآمده دارد و گاهی اوقات مجهز به خارهای بلند (۱۷-۱۰ میکرومتر) است (Mayeli et al., 2004). با توجه به چنین ساختاری در جلبک سندسموس همچنین، عوامل رفتاری پاروپای *E. serrulatus*، مصرف و میزان بلع آن با کاهش میزان فیلتراسیون محدود می‌شود.

تیمار کود مخلوط بود. دلایل احتمالی افزایش رشد و تولید پاروپای تغذیه‌شده با غذای ماهی در این آزمایش را می‌توان در درجه نخست به ترکیب بیوشیمیایی آن (پروتئین ۴۲ درصد و چربی ۱۵ تا ۲۰ درصد)، بالابودن مواد مغذی و فراهم کردن انرژی لازم برای رشد و تکامل پاروپا در همه مراحل زندگی و قابل هضم بودن سلول‌های غذایی این جیره (هنگام قرارگرفتن متورم و نرم شدن در محیط کشت پاروپا با جذب آب) نسبت داد. همچنین، داشتن رنگ قهوه‌ای تیره در محیط آب و احتمالاً سهولت پیدا کردن، همگن شدن اجزای سلولی با آب، اندازه مناسب و همچنین، تولید باکتری‌ها در اطراف این جیره تغذیه آن را برای مراحل ناپلیوس مناسب‌تر می‌کند. گزارش‌های (Otsu et al., 1974) و Adrian and Frost (1993) نشان دادند که سیکلوپوئیدها با افزایش سن (از مرحله کپه پودیت به بالا) رفتار غذایی همه‌چیزخواری و گوشت‌خواری پیدا می‌کنند. با توجه به رفتار تغذیه‌ای این گونه پاروپا و دلایل ذکر شده می‌توان علت افزایش معنادار رشد و تولید در تیمار پودرغذای ماهی را توجیه کرد.

پس از تیمار غذای ماهی، پاروپایان تغذیه‌شده با مخمر نانوائی نسبت به سایر تیمارها رشد و تولید بهتر و معناداری داشتند (۶۸/۴ فرد به ازای هر ماده). مخمر نانوائی دارای حدود ۳۳ درصد پروتئین خام است و حاوی ویتامین‌های گروه B، اعم از B₁، B₂، B₃، B₅، B₆ و B₉ و بیوتین است (Payne and Rippingale, 2000; Omstedt et al., 2006). از سوی دیگر، مخمر نسبت به جیره‌های غذایی گیاهی فاقد سلولز است و اندازه ذرات سلولی آن کمتر از ۵ میکرومتر است. در محیط آبی، در اطراف سلول‌های مخمر موجودات تک‌سلولی و باکتری‌ها امکان رشد و تولید می‌یابند که پاروپایان،

نشان دادند که پاروپای *Tisbe holothoriae* تغذیه شده از غذای کنسانتره و غذاهای حیوانی تولید بالایی دارد و محتوای چربی آنها نیز درخور توجه است. خلاف این نتایج نیز در مطالعه Hsu et al. (2001) بیان شده است؛ به طوری که، پاروپای *Apocyclops royi* تغذیه شده با جیره‌های جلبکی در مقایسه با چند غذای مصنوعی و کنسانتره از جمله مخمر نانویی و پروتئین DHA-selco تولیدمثل مناسب‌تر و سن بلوغ کوتاه‌تری داشت.

در این مطالعه دامنه طول بدن بالغان ۶۹۱-۶۸۴ میکرومتر و عرض بدن بالغان ۲۹۸-۲۹۴ میکرومتر بود که بالاترین با پودر غذای ماهی و کمترین در استفاده از کود مخلوط بود. دلایل این اختلاف اندازه بدن را می‌توان در مصرف کمتر و ارزش غذایی پایین جیره‌های جلبکی و مخلوط کود ذکر کرد. طول پاروپایان در طبیعت و در فصول مختلف با توجه به درجه حرارت، قابلیت در دسترس بودن غذا، نوع و غلظت غذا، شوری و غیره تغییر می‌کند. تأثیرات مثبت غلظت غذا بر اندازه بدن پاروپا به خوبی شناخته شده است (Frost, 1977; Mullin and Brooks, 1970; Paffenhofer, 1988). تعدادی از محققان نیز بیان کرده‌اند که طول بدن پاروپایان در ارتباط با فاکتورهای ژنتیکی است (Otsu et al., 1974; Dumont et al., 1975).

استفاده از جیره‌های بررسی شده در این تحقیق به منظور تولید پاروپای *E. serrulatus* به صورت انبوه مفید خواهد بود. همچنین، مطالعه مقدماتی در استفاده از این گونه پاروپا برای تغذیه لارو ماهیان تزئینی نشان داده است که لارو ماهی میزان بلع درخور ملاحظه و بقای لاروی بسیار بالایی در استفاده از این طعمه زئوپلانکتونی با ارزش دارد.

نتایج این مطالعه به لحاظ کمی نشان داد که نوع جیره مورد استفاده بر تولید و میزان رشد در پاروپای *E. serrulatus* تأثیر معنی‌داری دارد که با یافته‌های سایر محققان در مطابقت کلی است. Millou and Moraitou-Apostolopoulou (1991) نشان دادند که تغذیه پاروپایان با غذای کنسانتره باعث افزایش مولدان همچنین، افزایش بقای کپه پودیت‌ها می‌شود. Caril (1995) گزارش کرد که تغذیه پاروپای *Tigriopus fulvus* با جلبک *Monochrysis lutheri* باعث افزایش تولید روزانه ناپلیوس‌ها می‌شود و به واسطه کاهش بقای طی مراحل تکامل لاروی مولدان عقیم تولید می‌شوند؛ در صورتی که، در استفاده از مخمر نانویی تولید کل جمعیت افزایش و موجودات بالغ بارور زیاده‌تر می‌شوند. Farhadian et al. (2009) تولید پاروپای *Apocyclops dengizicus* را در تغذیه از پودر غذای کنسانتره میگو برابر با ۷۰ فرد به ازای هر ماده به دست آوردند.

یکی دیگر از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار محتوای اسید چرب جیره غذایی است که در عملکرد تولیدمثلی پاروپایان تأثیر بسزایی دارد و موجب افزایش تعداد تخم (هماوری) و بقای کپه پودیت‌ها طی مراحل تکامل لاروی می‌شود (Støttrup and Jensen, 1990; Millou and Moraitou-Apostolopoulou, 1991). از سوی دیگر، محتوای اسید آمینه‌های ضروری جیره غذایی نیز با تولید تخم در پاروپایان در ارتباط است (Payne and Rippingale, 2000). بنابراین، تا حدودی می‌توان استنباط کرد که جیره‌های مشتق شده از محصولات و ضایعات حیوانی نسبت به انواع مشابه گیاهی، مانند سویا و مخمر، کارایی بالاتری در تغذیه بعضی از پاروپایان دارند. Gaudy and Guerin (1977)

تقدیر و تشکر

دانشگاه صنعتی اصفهان که موجبات انجام دادن این تحقیق را فراهم کردند کمال سپاس‌گزاری را دارند.

بدین‌وسیله نویسندگان از معاونت پژوهشی دانشکده منابع طبیعی و معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی

References

- [1]. Abdullahi, B.A., 1992. Effect of diet on growth and development of three species of cyclopoid copepods. *Hydrobiologia* 232, 233-241.
- [2]. Adrian, R., Frost, T.M. 1993. Omnivory in cyclopoid copepods: comparisons of algae and invertebrates as food for three, differently sized species. *Journal of Plankton Research* 15, 643–658.
- [3]. Alekseev, V.R., Dumont, H.J., Pensaert, J., Baribwegure, D., 2006. A redescription of *Eucyclops serrulatus* (Fischer, 1851) (Crustacea: Copepoda: Cyclopoida) and some related taxa, with a phylogeny of the *E. serrulatus* group. *Zoologica Scripta* 35, 123–147.
- [4]. Boxshall, G.A., Daniell, D., 2008. Global diversity of copepods (Crustacea: Copepoda) in freshwater. *Hydrobiologia* 595, 195-207.
- [5]. Brandl, Z., Fernando, C.H., 1978. Prey selection by the cyclopoid copepods *Mesocyclops edax* and *Cyclops vicinus*. *International Verh Limnology* 20, 2505-2510.
- [6]. Carli, A., Mariottini, G.L., Pane, L., 1995. Influence of nutrition on fecundity and survival in *Tigriopus fulvus* Fischer (Copepoda, Harpacticoida). *Aquaculture* 134, 113-119.
- [7]. Cheng, S., H. Chen, S. Chang, T. Chen, I. Liao, 2001. Study on the optimal density of mass culture in copepod *Apocyclops royi* (abstract). In: 6th Asian Fisheries Forum, November 29, Asian Fisheries Society, Kaohsiung, Taiwan, P. 58.
- [8]. Collado, C., Defaye, D., Dussart, B.H., Fernando, C.H., 1984. The freshwater Copepoda (Crustacea) of Costa Rica with notes on some species. *Hydrobiologia* 119, 89–99.
- [9]. Dussart, B.H., Defaye, D., 2001. Introduction to the Copepoda. In: Dumont, H.J.F. (Ed.), *Guides to the Identification of the Micro-invertebrates of the Continental Waters of the World*, No. 16, Backhuys Publishers, Leiden, pp. 1–289
- [10]. Dumont, H. J., Van de Velde, I., Dumont, S., 1975. The dry weight estimate of biomass in a selection of Cladocera, copepod and rotifer from the plankton, periphyton and benthos of continental waters. *Oecologia* (Berl) 19, 75-97.
- [11]. Evjemo, J. O., Reitan, K. I., Olsen, Y., 2004. Copepods as live food organisms in the rearing of Atlantic halibut larvae (*Hippoglossus hippoglossus* L.) with special emphasis on nutritional value. *Aquaculture* 227, 191–211.
- [12]. Farhadian, O., Yusoff, F. M., Arshad, A. 2008. Population growth and production of *Apocyclops dengizicus* (Copepoda: Cyclopoida) fed on different diets. *Journal of the World Aquaculture Society* 39, 384–396.
- [13]. Farhadian, O., Yusoff, F.M., Suhaila, M., 2009. Nutritional values of *Apocyclops dengizicus* (Copepoda: Cyclopoida) fed *Chaetoceros calcitrans* and *Tetraselmis tetrahele*. *Aquaculture Research* 40, 74-82.
- [14]. Fernando, C.H., 2002. *A Guide to tropical freshwater zooplankton*. Backhuys Publisher, Leiden, pp. 123-187.

- [15]. Frost, B.W., 1977. Feeding behavior of *Calanus pacificus* in mixture of food particle. *Limnology and Oceanography* 22, 427-491.
- [16]. Gaudy, R, Guerin, J.P., 1977. Dynamique des populations de *Tisbe holothuriae* (Crustacea: Copepoda) en élevage sur trois regimes artificiels different. *Marine Biology* 39 , 137-145.
- [17]. Gophen, M., Cavari, B.Z., Berman, T., 1974. Zooplankton feeding on differentially labeled algae and bacteria. *Nature* 247, 391-392.
- [18]. Hernandez Molejon, O.G., Alvarez-Lajonchere, L., 2003. Culture experiments with *Oithona oculata* Farran, 1913 (Copepoda: Cyclopoida), and its advantages as food for marine fish larvae. *Aquaculture* 219, 471-48.
- [19]. Hsu, C. H., 1999. Effects of food types and temperature on the development and reproduction of *Apocyclops royi* (copepoda, cyclopida). Master's thesis. National Taiwan University, Keelung, Taiwan. 357 pp.
- [20]. James, C.M., Al-Khars, A.M. 1986. Studies on the production of planktonic copepods for aquaculture. *Syllogeus* 58, 333-340.
- [21]. James, C.M., Bou-Abbas, M, Al-Khars, A.M, Al-Hinty, S., Salman, A.E, 1983. Production of the rotifer *Brachionus plicatilis* for aquaculture in Kuwait. *Hydrobiologia* 104, 77-84.
- [22]. Kahan, D., Uhlig, G., Schwenzer, D., Horowitz, L., 1982. A simple method for cultivating harpacticoid copepods and offering them to fish larvae. *Aquaculture* 26, 303-310.
- [23]. Kraul, S., Nelson, A., Brittain, K., Ako, H., Ogasawara, A., 1992. Evaluation of live feeds for larval and postlarval mahimahi *Coryphaena hippurus*. *Journal of the World Aquaculture Society* 23, 299-307.
- [24]. Lavens, P., Sorgeloos, P., 1996. Manual on the production and use of live food for aquaculture. Food Agriculture Organization of the United Nation, 400 pp
- [25]. Lee, K.W., Park, H. G., Lee, S. M., Kang, H. K., 2006. Effects of diets on the growth of the brackish water cyclopoid copepod *Paracyclopina nana Smirnov*. *Aquaculture* 256, 346-353.
- [26]. Lim, L.C, Dhert, P., Sorgeloos, P., 2003. Recent developments in the application of live feeds in the freshwater ornamental fish culture. *Aquaculture* 227, 319- 331.
- [27]. Martinez, M.P, Chakroff, J.B.P, 1975. Direct phytoplankton counting technique using the hemacytometer. *Philippine Agriculture Science* 59, 43-50.
- [28]. Mayeli, S. M., Nandini, S., Sarma, S.S.S., 2004. The efficacy of *Scenedesmus* morphology as a defense mechanism against grazing by selected species of rotifers and cladocerans. *Aquatic Ecology* 38, 515-522.
- [29]. Millou, H., Moraitou-Apostolopoulou, M., 1991. Combined effects of temperature and salinity on the population dynamics of *Tisbe holothuriae* Humes (Copepoda: Harpacticoida). *Hydrobiologia* 121, 431-434.
- [30]. Mullin, M.M., Brooks, E. R., 1970. The effect of concentration of food on body weight, cumulative ingestion, and rate of growth of the marine copepod *Calanushelgolandicus*. *Limnology and Oceanography* 15, 748-755.
- [31]. Nandini, S., Sarma, S.S., 2007. Effect of algal animal diets on life history of freshwater copepod *Eucyclops serrulatus* (Fischer, 1851). *Aquatic Ecology* 41, 75-84.
- [32]. Nichols, H.W., Bold H.C., 1965. *Trichorsarcina polymorpha* gen. et sp. nov. *Journal of Phycology* 1, 34-38.
- [33]. Ohno, A., Okamura, Y., 1988. Propagation of the calanoid copepod, *Acartia tsuensis*, in outdoor tanks. *Aquaculture* 70, 39-51.

- [34]. Omori, M., 1973. Cultivation of marine copepods. Bulletin of Plankton Society of Japan 20, 3 - 11.
- [35]. Omori, M., Ikeda T., 1984. Methods in marine zooplankton ecology. John Wiley and Sons Inc, New York, 332 PP.
- [36]. Omstedt, P.T., Alexandra, V.D.D., Gudmund, H., Hakan, M., 2006. Nutritive value of *Saccharomyces cerevisiae*, *Scenedesmus obliquus* and *Spirulina platensis* as measured by protein synthesis in vitro in rat skeletal muscle. Journal of the Science of Food and Agriculture 24, 1103-1113.
- [37]. Otsu, T., Maekawa, K., Caldwell, M., 1974. The life cycle of the freshwater copepod *Eucyclops serrulatus* (Fischer) and its use in a bioassay for decapods ovarian stimulating and inhibiting substances. Development, Growth and Differentiation 16, No, 3.
- [38]. Paffenhofer, G.A., 1988. Feeding rate and behavior of zooplankton. Bulletin of Marine Science 43, 430-445.
- [39]. Payne, M.F., Rippingale, R.J., 2000. Evaluation of diets for culture of the calanoid copepod *Gladioferens imparipes*. Aquaculture 187, 85– 96.
- [40]. Sarma, S.S.S., Romulo, J.A.L., Nandini, S., 2003. Larval feeding behaviour of blind fish *Astyanax fasciatus* (Characidae), black tetra *Gymnocorymbus ternetzi* (Characidae) and angel fish *Pterophyllum scalare* (Cichlidae) fed zooplankton. Hydrobiologia 510, 207-216.
- [41]. SPSS, 2007. Statistical Package for Social Science. Version 16, SPSS Inc., Michigan Avenue, Chicago, Illinois, USA.
- [42]. Støttrup, P.G., Jensen, J., 1990. Influence of algal diet on feeding and egg-production of the calanoid copepod *Acartia tonsa* Dana. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 141, 87–105.
- [43]. Sun, B., Fleeger, J.W., 1995. Sustained mass culture of *Amphiascooides atopus* a marine harpacticoid copepod in a recirculating system. Aquaculture 136, 313–321.
- [44]. Watanabe, T., Kitajima, C., Fujita, S., 1983. Nutritional value of live organisms used in Japan for mass propagation of fish: a review. Aquaculture 34, 115– 143.
- [45]. Zar, J. H., 1984. Biostatistical Analysis, 2nd edition. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, New York. 718.