پتانسل پرورش انبوه پاروپایان هارپاکتیکوئید در تغذیه لاروی ماهیان

مترجمین: سید حسین مرادیان[۱*]، ادریس رحیمی کیا[۲]

۱- موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، مرکز تحقیقات ژنتیک و اصلاح نژاد ماهیان سردآبی شهید مطهری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران، صندوق پستی: ۷۵۹۱٤/۳۵۸

۲- دانشگاه پیام نور، دانشکده کشاورزی، تهران، ایران، صندوق پستی: ۳٦۹۷-۱۹۳۹۵

*moradian.s.h@gmail.com

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹٤ تاریخ پذیرش: فروردین ۱۳۹۵

چکیده

پاروپایان هارپاکتیکوئید نوید بخش یک منبع غذایی جایگزین در پرورش لاروی هستند. هارپاکتیکوئیدها، که به تنهایی و یا بـه صـورت غـذای مکمل به عنوان غذا استفاده می‌شوند، در مقایسه با روتیفرها و آرتمیا باعث ایجاد رشد سریع تر می‌شوند. تحقیقات دلیل این رشد سریع تر را اندازه کوچک از مرحله ناپلی تا بلوغ می‌دانند و اینکه هارپاکتیکوئیدها به طور طبیعی غنی از اسیدهای چرب ضروری مورد نیاز جهت رشد ماهیان دریایی می‌باشند. علاوه بر این، موارد زیر سبب شده پرورش هارپاکتیکوئیدها به میزانی از تولید برسد تا بتواند پاسخگوی پرورش نیاز ماهیان دریایی باشد. هارپاکتیکوئیدها دارای توان تولید مثلی بالا و تولید نسل کوتاه بوده و قادر به تحمل شرایط متغیر دمایی، شوری و میزان بالای مواد زاید می‌باشـند. علاوه بر این و با در نظر گرفتن محتوی تغذیه‌ای و شکل و اندازه ذرات غذایی، در تغذیه انعطاف‌پذیر هستند لذا امکان استفاده از غذاهای فرمولـه، کشت‌های جلبکی تک گونه ای و یا هر دو برای آنان فراهم است. با این وجود، برخی خصیصه‌های ناشی از سبک زندگی کفزی سبب شـده کـه بسیاری از گونه‌های هارپاکتیکوئیدها جهت پرورش در مقیاس بزرگ نامناسب باشند. اغلب آن‌ها جهت پرورش به بستر نیاز دارند و چون تعـداد کمی از ناپلی‌های هارپاکتیکوئیدها قادر به شنا کردن می‌باشند در نتیجه برداشت مراحل اولیه تکاملی را دشوار می‌سازد. علاوه بر این، تعداد خیلـی کمی از گونه‌ها سیست تولید می‌کنند و یا وارد مرحله‌ی دیاپوز (خواب) می‌شوند که مستلزم آن است که تولید بالای محصول طی پرورش انبوه با تولید و یا ماهیدار کردن همزمان شود.

کلمات کلیدی: پرورش انبوه، پاروپایان، هارپاکتیکوئید، غذای زنده، پرروش لاروی.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2025-11-18]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1395.3.3.6.9]

مقدمه

اغلب ماهیان دریایی تخم‌های پلاژیک کوچک تولید می‌کنند. لاروهای حاصل از تخم‌های کوچک، بلافاصله بعد از شروع تغذیه خارجی[1] نیاز به یک منبع غذای زنده دارند. لارو این ماهیان معمولاً در ابتدا با روتیفر *Brachionus plicatilis* و در ادامه با آرتمیا[2] غذادهی می‌شوند. در طی دوره پرورش رژیم غذایی اولیه، اغلب محدودیت‌هایی در بازماندگی و رشد و متعاقباً موفقیت یا هزینه تولید ماهی ایجاد می‌کند. دلایل متعددی حاکی از پتانسیل پاروپایان هارپاکتیکوئید[3] به عنوان یک منبع غذایی جایگزین در پرورش لاروی ماهیان دریایی به صورت جایگزینی کامل و یا مکمل روتیفرها، آرتمیا یا هر دوی این‌ها هستند. هدف از این مطالعه مروری، جمع بندی شناخت کنونی از وضعیت این پتانسیل است. در ادامه به تکنیک‌های پرورش توده‌ای و ویژگی‌های رشد جمعیت گونه‌های هارپاکتیکوئید که آن‌ها را به عنوان پتانسل در پرورش دریایی معرفی کرده است، پرداخته شده است. به منظور تکمیل مطالعه مروری اخیر جنبه‌هایی از بیولوژی هارپاکتیکوئید که ممکن است با توجه به کاربرد آن‌ها در پرورش لاروی به عنوان نکات مثبت و منفی تلقی شوند مورد بحث واقع شده است و توصیه‌هایی برای مسیرهای تحقیقاتی آینده جهت پرورش هارپاکتیکوئید برای استفاده در پرورش لاروی بیان شده است.

بالای ۳۰۰۰ گونه از راسته *Harpacticoida* توصیف شده‌اند، این راسته یکی از ۱۰ راسته متعلق به زیررده پاروپایان و رده سخت پوستان ماکزیلوپودا[4] می‌باشند (Huys and Boxshall, 1991). با توجه به تعداد گونه‌های که اخیراً تأیید شده‌اند (مثل Rocha-Olivares و همکاران، ۲۰۰۱) و همچنین تعداد زیاد زیستگاه‌های بررسی نشده (مانند جنگل‌های گرمسیری مانگرو، اعماق دریا) چنین می‌توان استنباط نمود که تعداد هارپاکتیکوئیدها در سرتاسر جهان خیلی بیشتر است.

معمولاً پاروپایان هارپاکتیکوئید بالغ، دارای طول بدن (تقریباً ۱ میلی‌متر) و پهنا (تقریباً ۳۵۰ میکرومتر) و همچنین توده (تقریباً ۳ میکروگرم توده خشک) کوچک می‌باشند. اغلب هارپاکتیکوئیدها دارای زندگی آزاد هستند، اگرچه برخی از آن‌ها در حیوانات مختلف به عنوان انگل خارجی و همزیست[5] نیز متداول هستند. به عنوان مثال، گونه‌های زیادی بر روی چمبرهای آبششی پوشیده شده[6] سخت پوستان ده پا[7] زیست می‌کنند. حدود ۱۰۰۰ گونه از هارپاکتیکوئیدها به طور انحصاری در زیستگاه‌های آب شیرین زندگی می‌کنند.

هارپاکتیکوئیدهای دریایی دارای تنوع زیستگاهی و سبک‌های زندگی خیلی زیاد هستند. اگرچه تعداد کمی از هارپاکتیکوئیدها به شکل پلانکتونی هستند ولی بیشتر آن‌ها کفزی هستند. هارپاکتیکوئیدها بویژه در رسوبات لجنی و بر روی ماکرجلبک های فولیوز[8] فراوان هستند (Hicks and Coull, 1983). هارپاکتیکوئیدها بعد از نماتودها، بیشترین فراوانی بنتوزهای میان اندازه رسوب زی[9] را به خود اختصاص داده‌اند. تعداد زیادی از گونه‌ها به صورت چسبیده و یا همراه با اپی فیت‌های علف‌های دریایی و ماکروفیت ها[10] دیده می‌شوند (Hall and Bell, 1988; Rutledge and Fleeger, 1993). این‌ها در فضاهای بین شن‌ها، در لجن به صورت حفر کننده و ساکن در زیر زمین[11] (Chandler and Fleeger 1984) و و بر روی سطوحی از جمله سطح مشترک رسوبات – آب[12] یا بر روی مواد سخت پوشیده شده با ماکروجلبک‌ها (Danovaro and Fraschetti 2002; Atilla *et al.*, 2003) زندگی می‌کنند. اگرچه بیشتر هارپاکتیکوئیدها در مواقعی که سرعت جریان از دامنه تحمل آن‌ها فراتر می‌رود در ستون آب فرو می‌روند و به صورت غیر فعال می‌مانند (Palmer 1988)، ولی برخی گونه‌ها با شنای فعال از بستر بلند می‌شوند (Armonies 1988; Walters and Bell 1994; Suderman and Thistle 2003;Thistle 1998) و میزان مواجهه با شکارچیان را بیشتر می‌کنند (Gregg and Fleeger, 1997).

هارپاکتیکوئیدها به عنوان طعمه طبیعی لارو و بچه ماهی انواع گونه‌های ماهی مطرح هستند. (Gee, 1989; Coull, 1990). ترکیب موجودات جانوری در دستگاه گوارش ماهیان و مقایسه آن با نمونه‌های موجود در محیط زیست ماهیان، نشاندهنده انتخاب فعال هارپاکتیکوئیدها بوسیله ماهیان نوجوان است. این انتخاب ممکن است در ارتباط با حضور تعداد زیاد هارپاکتیکوئیدها در یک مقطع کم از رسوبات و همچنین فراوانی بیشتر هارپاکتیکوئیدها، نسبت به سایر گروه‌های میوفونی طی دوره‌هایی خاصی باشد. میانگین فراوانی هارپاکتیکوئیدها در محتوی دستگاه گوارش ماهیان اغلب بیش از ۱۰۰۰ هارپاکتیکوئیدها به ازای هر ماهی جوان (بچه ماهی) یا ماهی بالغ است.

پاروپایان هارپاکتیکوئیدها یک منبع غذایی مهم برای اغلب ماهیان دریایی محسوب می‌شوند. تعداد زیادی از ماهیان با رسیدن به طول حدود ۳۵ میلی‌متر دستخوش یک تغییر انتوژنیک یعنی تغییر از جیره غذایی که عمدتاً از هارپاکتیکوئیدها تشکیل شده است به سمت

[1] - exogenous feeding
[2] - brine shrimp
[3] - Harpacticoid
[4] - Maxillopoda
[5] - ectoparasitic and commensal harpacticoids
[6] - protected gill chambers
[7] - decapod crustaceans

[8] - foliose macroalgae
[9] - sedimentary meiobenthos
[10] - epiphytes of seagrasses and macrophytes
[11] - tube dwellers
[12] - sediment–water interface

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2025-11-18]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1395.3.3.6.9]

استفاده از طعمه‌های بزرگ‌تر می‌شوند. با این وجود، ممکن است پاروپایان هارپاکتیکوئیدها در تمام دوره زندگی برخی ماهیان دریایی یا تا زمان رسیدن به اندازه بزرگ‌تر، نقش طعمه غذایی را داشته باشند. گونه‌هایی از کفشک ماهیان، گاوماهیان، آزادماهیان، هامور ماهیان[1] و بلنی ها[2] در برخی مواقع (حداقل در بخشی از طول زندگی زندگی خود) به عنوان تغذیه کنندگان اجباری از هارپاکتیکوئیدها[3] قلمداد می‌شوند (Coull 1990; McCall and Fleeger 1995).

کوپه پودهای هارپاکتیکوئیدها و رشد ماهیان

همانگونه که در مورد سایر پاروپایان نشان داده شده است، هارپاکتیکوئیدها باعث رشد سریع، نرخ تولیدمثلی بالا یا هر دو در ماهیان و بی مهرگان شوند. Volk و همکاران (۱۹۸۴)، نشان دادند که کارایی تبدیل غذایی ماهیان نوجوان قزل‌آلای کتا در زمان تغذیه از هارپاکتیکوئید *Tigriopus californicus* نسبت به غذادهی با پاروپایان کالانوئید یا آمفی پودها بیشتر بود. این محققین دلیل این اختلاف را محتوی انرژی بیشتر *T. californicus* در مقایسه با آمفی پودها و پاسخ فرار ضعیف در مقایسه با پاروپایان کالانوئید ذکر نموده‌اند. Kreeger و همکاران (۱۹۹۱)، ارزش غذایی آرتمیای تازه تفریخ شده، آرتمیای غنی شده با میکروسفورهای چربی و کوبه پود هارپاکتیکوئید *T. californicus* بررسی نمودند. نتایج آن‌ها حاکی از آن بود که بازماندگی، رشد و نسبت ماده‌های پارور میگوی Mysid ، اختلاف معنی‌داری میان تیمارهای غذایی مختلف نداشت، ولی اضافه نمودن میکروسفرهای چربی و *T. californicus* به جیره غذایی آرتمیا باعث بهبود تعداد لاروهای زنده ایجاد شده توسط Mysid شد. آن ها تفاوت مشاهده شده را به محتوی غنی اسیدهای چرب ضروری در میکروسفرهای چربی و *T. californicus* نسبت دادند. Støttrup و Norsker (۱۹۹۷)، پی بردند که رشد و بازماندگی لارو توربوت (*Scophthalmus maximus*) با اضافه نمودن *T. californicus* همراه با روتیفر بهبود حاصل کرد. گنجاندن *T. californicus* در رژیم غذایی روزانه ماهی سول داور (*Microstomus pacificus*) در مقایسه با جیره غذایی آرتمیا به تنهایی، باعث بهبود اشتها، نرخ رشد و رنگدانه‌سازی شد.

ویژگی‌های مطلوب هارپاکتیکوئیدها به عنوان غذای زنده

افزایش نرخ رشد حاصل از گنجاندن هارپاکتیکوئیدها در جیره غذایی لارو ماهیان ناشی از فاکتورهای متعددی از جمله کیفیت غذا، اندازه بدن مناسب و نقش آن‌ها در بهبود اشتها است. هارپاکتیکوئیدها در مقایسه با آرتمیا و روتیفر، کیفیت غذایی برتری در تحریک رشد ماهیان دارند. هارپاکتیکوئیدها در مقایسه با سایر غذاهای زنده مورد استفاده در پرورش دریایی، حاوی غلظت‌های بالاتر اسیدهای چربی به شدت غیراشباع (HUFA)، بویژه اسیدهای چرب n-۳ هستند. جدول ۱ مقادیر برخی اسیدهای چرب فسفولیپید(PLFA) را در *Amphiascoides atopus* پرورش یافته در آزمایشگاه به روش پرورش انبوه (این سیستم توسط Sun و Fleeger، ۱۹۹۵ شرح داده شده است) را در مقایسه با ناپلی آرتمیا یک روزه را نشان می‌دهد. قابل ذکر است که *A. atopus* غنی از اسیدهای چرب n-۵ : ۲۲ و n-۶ : ۲۲ می‌باشد که برای رشد ماهیان دریایی ضروری هستند در حالی که این اسیدهای چرب در آرتمیا وجود ندارند. Sun و Fleeger (۱۹۹۵)، گزارش دادند که ۲۸ ٪ تمامی فسفولیپیدها در *A. atopus* را اسیدهای چرب ضروری تشکیل داده‌اند. دیگر محققین نیز به طور مشابهی مقادیر بالایی از اسیدهای چرب n-۳ را در هارپاکتیکوئیدها گزارش نموده‌اند. به نظر می‌رسد هارپاکتیکوئیدها در مقایسه با آرتمیا و روتیفر، نسبت ها و مقادیر مطلوب یکنواخت تری از روغن های ضروری ماهی دارند.

حداقل برخی هارپاکتیکوئیدها قادر به ساخت اسیدهای چرب به شدت غیراشباع طویل‌تر هستند، در نتیجه افزایش سطوح اسید-های چرب n-۳ ضروری برای ماهیان صورت خواهد گرفت. Nanton و Castell (۱۹۹۸)، اظهار کردند که هارپاکتیکوئیدها آنزیم‌هایی (مانند دلتا ۵ و دلتا ۶ دسچوراز و الونگاز) دارند که جهت تبدیل اسیدهای چرب غیراشباع چند زنجیره کوتاه‌تر به اسیدهای چرب ضروری طویل‌تر دکوزاهگزانوئیک اسید(DHA) و ایکوزا پنتا نوئیک اسید (EPA) لازم هستند. در صورت عدم وجود این قابلیت آنزیمی، حیوانات به جیره ای نیاز دارند که نیازهای DHA و EPA آن‌ها را مرتفع سازد. از آنجا که هارپاکتیکوئیدها قادر به ساخت HUFA های n-۳ هستند، در نتیجه غذاهایی بدون سطوح غنی شده روغن ماهی دریایی را می‌توان جهت تولید ترکیب مناسب و دلخواه DHA/EPA استفاده نمود. بنابراین ممکن است در پرورش هارپاکتیکوئیدها برخی احتیاجات تغذیه‌ای ویژه مورد نیاز باشند و اینکه این‌ها صرف نظر از جیره غذایی‌شان قادر به ساخت HUFA های بلند زنجیره هستند (به عنوان مثال وقتی که هارپاکتیکوئیدها از کشت‌های تک‌گونه ای جلبکی و غذاهای فرموله تغذیه می‌کنند، دارای کیفیت غذایی خوبی برای ماهیان هستند). با این وجود، Fukusho و همکاران (۱۹۸۰)، گزارش دادند که تغذیه هارپاکتیکوئیدها با مخمر n در مقایسه با مخمر نانوایی، تأثیر بیشتری بر افزایش بازماندگی و رشد لارو mud dab (*Limanda yokohamae*) داشته است. علاوه بر این، Cutts (۲۰۰۲)، گزارش داد که ساخت HUFA ممکن است به عنوان یک مرحله محدود

[1] - sciaenids
[2] - blennies
[3] - obligatory harpacticoid feeders

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2025-11-18]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1395.3.3.6.9]

کننده در رشد هارپاکتیکوئیدها مطرح باشد و افزودن اسیدهای چرب به جیره هارپاکتیکوئیدها طی دوره پرورش به افزایش تولید و بازماندگی مرحله ناپلی کمک می‌کند. یکی از اولویت‌های تحقیقاتی در آینده بایستی به طراحی جیره‌هایی بپردازند که رشد و ارزش تغذیه‌ای پاروپایان هارپاکتیکوئیدها را طی دوره پرورشی بهینه‌سازی کنند.

جدول ۱: برخی اسیدهای چرب منتخب (بر حسب پیکومول) حاصل از آنالیز اسیدهای چرب فسفولیپید Amphiascoides atopus و آرتمیای یک روزه (Sun and Fleeger, 1995)

گونه	وزن خشک بر روی گرم بافت	۱۸ : ۴n-۳	۲۰ : ۵n-۳	۲۰ : ۴n-۳	۲۰ : ۲n-۳	۲۲ : ۶n-۳	۲۲ : ۵n-۳
A. atopus	۱/۴۱	۰/۲۵	۶/۳	۰/۰۵	۰/۰۸	۱۰/۸	۰/۹۵
آرتمیا	۱/۹۲	۷/۹	۴/۰	۰/۰۷	۰/۰۲	۰	۰

نکته: اعداد نمایانگر میانگین‌های آنالیز دو تکرار هستند.

اندازه بدن هارپاکتیکوئیدها تأثیر زیادی بر صید آن‌ها توسط لارو و ماهیان جوان دارد. طول بدن هارپاکتیکوئیدها از حدود ۴۰ تا ۸۰ میکرومتر در اولین مرحله ناپلی تا حدود ۳۰۰ آل ۱۵۰۰ میکرومتر در بالغین متغیر است. در بالغین و ماهیان جوان معمولاً عرض بدن حدود یک چهارم تا یک سوم طول بدن است. عموماً عرض بدن ناپلی‌ها به اندازه طول آن‌ها می‌باشد (اگرچه در بسیاری از گونه‌ها عرض از طول بیشتر است). با توجه به اینکه دهان بسیاری از لاروها و ماهیان جوان کوچک است بنابراین، این محدوده اندازه هارپاکتیکوئیدها برای مصرف آن‌ها مناسب است. از آنجا که ماهی طعمه را از جلو به صورت رو در رو صید می‌کند، در نتیجه پهنای بدن طعمه می‌تواند مهم‌تر از طول بدن باشد. احتمال دارد که کوچک‌ترین لاروهای ماهیان از مراحل ناپلی تغذیه کنند و لاروها و ماهیان بزرگ‌تر در مراحل مختلف رشد، از هارپاکتیکوئیدهای بزرگ‌تر تغذیه کنند. اگرچه هارپاکتیکوئیدها به خاط کوچک بودن به راحتی مصرف می‌شوند، با این حال دلیل رشد بهتر ماهیان تغذیه‌شده با هارپاکتیکوئیدها در مقایسه با آرتمیا، تنها اندازه بدن آن‌ها می‌باشد.

میزان رشد در شرایط پرورش آزمایشگاهی هارپاکتیکوئیدها

Chandler (۱۹۸۶)، پتانسیل پرورش پاروپایان هارپاکتیکوئیدها را در سیستم‌های رسوبی[1] بر اساس اهداف اکولوژیکی، فیزیولوژیکی و سم شناسی توصیف نموده است. سیستم‌های پرورشی با استفاده از رسوبات و بدون استفاده از رسوبات که قادر به تولید صدها تا هزاران هارپاکتیکوئیدها هستند، برای این گونه مطالعات فراهم می‌باشند، ولی تولید انبوه اغلب گونه‌هایی که با این روش‌های آزمایشگاهی قابلیت پرورش داشته‌اند، جهت استفاده در پرورش ماهیان دریایی موفقیت‌آمیز نبود. علاوه‌براین برخی از هارپاکتیکوئیدها (مانند جنس‌های *Tisbe* و *Amphiascoides*) به عنوان موجودات چسبنده مزاحم[2] در سیستم‌های پرورشی ماهیان و بی‌مهرگان بزرگ مطرح هستند و تقریباً در سیستم‌های پرورشی آزمایشگاهی در همه جا یافت می‌شوند (دست و پا گیرند). این مشاهدات حاکی از پتانسیل تولید انبوه بیشتر گونه‌های هارپاکتیکوئیدها است. با در نظر گرفتن تنوع زیستی بالای هارپاکتیکوئیدها در زیستگاه‌های در حال بررسی، بنابراین گونه‌های زیادی به عنوان گزینه‌های بررسی نشده جهت پرورش انبوه وجود دارند.

با این حال ثابت شده است که پرورش انبوه برخی گونه‌های هارپاکتیکوئیدها موفقیت‌آمیز بوده است. جنس‌های *Tisbe*، *Tigriopus*، گونه‌های *Schizopera elatensis*، *Euterpina acutifrons*، *A. atopus* و *Nitokra lacustris* در تراکم‌هایی پرورش داده شده اندکه پتانسیل معرفی جهت تغذیه ماهیان دریایی را دارند. از بین این‌ها، تنها *E. Acutifrons* یک پلانکتون کامل[3] بوده و کوپه پود تغذیه کننده از مواد معلق[4] است و اغلب تحقیقات بر روی گونه‌های موجود در جنس‌های *Nitokra*، *Tisbe*، *Tigriopus* و *Amphiascoides* متمرکز شده‌اند.

روش‌های مختلفی برای پرورش انبوه پاروپایان هارپاکتیکوئید استفاده شده است. Kahan و همکاران (۱۹۸۲)، سه گونه را در یک سبد مشبک معلق در یک تانک بزرگ تر حاوی لارو ماهیان پرورش داد. Fakosho (۱۹۸۰)، گونه *Tigriopus japonicus* را همراه با برخی گونه‌های روتیفر در تانک‌های ۱۰ در ۱۵ متری و با عمق آب ۱/۴ متر در فضای آزاد پرورش داد. Sun و Fleeter (۱۹۹۵)، به منظور پرورش انبوه *A. atopus* از سینی‌های با سطح قاعده مرکب ۴ مترمربع همراه با لایه‌ای از سنگریزه استفاده نمود. Støttrup و Norsker (۱۹۹۷)، روش پرورش Batch culture را در سینی‌های صاف و روش پرورش متوالی[5] را در یک راکتور مخروطی ۱۵۰

[1] - sedimentary systems

[2] - fouling organisms
[3] - holo-planktonic
[4] - suspension-feeding copepod
[5] - continuous culture

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2025-11-18]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1395.3.3.6.9]

لیتری کامل (با انتقال پیوسته فیتوپلانکتون) که در آن کلاف‌های پلاستیکی به عنوان بستر *T. holothuriae* فراهم شده بود، اجرا کردند. Rhedes (۲۰۰۳)، از آب دریا بدون بستر در تانک‌های بزرگ‌تر (بزرگ‌تر از ۱۰ لیتر) و جهت پرورش *N. lacustris* استفاده نمود. به طور یقین بویژه با در نظر گرفتن پیشرفت‌های اخیر در ظرفیت تصفیه آب و مدیریت ضایعات، می‌توان روش‌های پرورش و بازدهی تولید را در تحقیقات بعدی بهینه سازی نمود. اگر جه در پرورش انبوه هارپاکتیکوئیدها از مواد متعددی از جمله پلت‌های میگو، خمیر کاهو و صدف Mytilus، عصاره‌های گیاهی، مخمر و غذاهای فرموله ای مانند ورقه‌های غذایی تولید شده توسط کارخانجات غذایی استفاده شده است ولی متداول‌ترین غذای آن ها جلبک‌های طبیعی یا پرورشی (معمولاً به صورت تک‌گونه ای) است.

در میان این گونه‌ها در شرایط پرورش انبوه، تولید با تراکم‌هایی از ۱ تا ۱۱۵ عدد در میلی‌لیتر حاصل شده است. ابزارهای گوناگونی جهت اندازه‌گیری محصول یا تولید هارپاکتیکوئیدها طراحی شده است. Fakosho (۱۹۸۰)، طی فواصل منظم در یک دوره ۸۹ روزه، موفق به برداشت ۲ تا ۳ کیلوگرم (وزن تر) از *T. japonicus* شد، در حالی که Sun و Fleeter (۱۹۹۵)، برآورد کردند که طی یک دوره ۴ ماهه، ۲ تا ۸ میلیون *A. atopus* بالغ و جوونابل و بالای ۵ گرم بیومس خشک در روز برداشته شد. Støttrup و Norsker (۱۹۹۷)، میزان تولید روزانه *T. holothuriae* را ۳۰۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰۰ یعنی معادل ۳۰ تا ۱۰۰ میلی‌گرم در مترمربع در سینی‌ها و یک راکتور متوالی به دست آوردند. هیچگونه سیستمی با سطوح بالای تولید برای بیش از چند ماه، فعالیت نداشته است.

به طور کلی گونه‌هایی از پاروپایان هارپاکتیکوئید که در شرایط پرورشی به خوبی رشد می‌یابند، تمایل به زندگی اپی‌بنتیک داشته و جزء گونه‌های اکولوژیکی عمومی[1] محسوب می‌شوند. بالغین (و مراحل کوپه‌پودی بعدی) اغلب گونه‌های موفق در پرورش، قادر به شنای فعال در ستون آب هستند. این رفتار شنا ممکن است ناشی از تحریک شرایط نادر اما ویژه زیست‌محیطی باشدکه آن جمله می‌توان به شروع کمبود اکسیژن یا آلودگی رسوبات و احتمالاً چرخه آمیزش اشاره نمود. به نظر می‌رسد برخی گونه‌ها بر اساس نظم خاصی مثلاً بعد از شروع تاریکی وارد ستون آب می‌شوند. اغلب گونه‌های که پرورش آن‌ها به صورت موفقیت‌آمیز بوده از مصب‌ها و مناطقی که در معرض آشفتگی‌های فراوان باشد، اجتناب می ورزند. اعضاء جنس‌های *Tigriopus* و *Amphiascoides* ساکنین برکه‌های جذر و مدی یا ناحیه اسپری آب هستند و اعضاء جنس *Tisbe* اغلب در بسترهای لجنی آشفته کلونی تشکیل می‌دهند، با این وجود *T. holothuriae* یک گونه همزیست[2] است. بهره‌گیری از این ویژگی‌ها می‌تواند در دستیابی به گونه‌های پرورشی مناسب جدید کمک کند. محققینی که علاقمند به یافتن گونه‌های جدید هارپاکتیکوئید به منظور تولید انبوه هستند، می‌توانند تلاش‌های خود را بر روی زیستگاه‌های پرتنش و متفاوت از لحاظ فیزیکی متمرکز کنند، یا اینکه سیستم‌های پرورشی آزمایشگاهی موجود که با موفقیت‌هایی همراه بوده است را مورد آزمایش قرار دهند.

ویژگی‌های مورد نظر جهت پرورش آزمایشگاهی

تراکم کوپه پودهای هارپاکتیکوئید در پرورش انبوه می‌تواند بیش از ۱۰۰۰۰۰ عدد در لیتر برسد که تا الان از موفقیت های حاصل از پرورش کوپه پودهای کالانوئید، پیشی گرفته است. دلایل زیادی برای این موفقیت مطرح شده است. هارپاکتیکوئیدها احتیاجات تغذیه‌ای اختصاص کمی دارند، مکانیسم‌های تغذیه‌ای متنوعی داشته و ویژگی‌های چرخه زندگی آن ها که سبب شده رشد این‌ها سریع باشد. این ویژگی‌ها شامل پتانسیل تولیدمثلی بالا، نرخ تکاملی سریع و سن کم اولین تولیدمثل با چرخه زندگی فرصت‌طلبی توأم شده است. علاوه بر این، کوپه پودهای هارپاکتیکوئید دامنه تحمل گسترده‌ای نسبت به شرایط متغیر زیست محیطی داشته و به نظر می‌رسد خیلی از گونه‌ها قابلیت تحمل مواد زائد تولیدشده طی دوره پرورشی را دارند. از آنجا که اغلب هارپاکتیکوئیدها متمایل به بستر هستند، بنابراین، رشد جمعیت آن‌ها می‌تواند ناشی از مساحت سطح بستر جامد باشد و در نتیجه می‌توان آن‌ها را به صورت جمعیت‌های حجمی متراکم تولید نمود (Cutts, 2002).

اگرچه بسیاری از هارپاکتیکوئیدها توانایی تغذیه از مواد معلق را دارند، با این حال اغلب آن‌ها اساساً از طریق جمع‌آوری موجودات گیاهی ریز[3] از بستر یا ذرات (شامل مواد پوسیده یا دتریتوس) با شکل، اندازه و سفتی دلخواه تغذیه می‌کنند. شاید در نتیجه این توانایی، هارپاکتیکوئیدها در مقایسه با سایر پاروپایان، قادر به استفاده از منابع مختلف غذایی (از جمله کشت‌های تک‌گونه‌ای جلبکی و غذاهای فورموله پلت یا ورقه‌ای) می‌باشند. علاوه بر این، تعداد اندکی از هارپاکتیکوئیدها شکارچی بوده و احتمالاً هم نوع‌خواری در هارپاکتیکوئیدهای بالغ دیده نمی‌شود. کالانوئیدها که نوعی معلق‌خوار بوده به طور معمول نیاز به حجم زیادی از آب جهت تغذیه دارند و تراکم نهایی آن‌ها در پرورش انبوه نسبتاً پایین می‌باشد (۱۰۰ تا ۲۰۰۰ عدد در لیتر). از سوی دیگر، کالانوئیدهای بالغ ممکن است در طول دوره پرورش با تغذیه از ناپلی‌ها رفتار

[1] - ecological generalists (قادر به تحمل شرایط زیست‌محیطی متغیری هستند)

[2] - commensal

[3] - microflora

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2025-11-18]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1395.3.3.6.9]

همنوع‌خواری نشان دهند که منجر به کاهش پتانسیل تولید می‌شود.

علاوه بر این، بسیاری از هارپاکتیکوئیدها از ویژگی‌های بارز رشد مانند سرعت تکاملی سریع و پتانسل تولیدمثلی نسبتاً بالا برخوردار هستند. Rhodes (۲۰۰۳) اذعان داشت که زمان تولید نسل[1] در *N. lacustris*، ۱۰ تا ۱۲ روز است، اندازه مولدها نسبتاً بزرگ بوده و میزان تولید تخم در آن‌ها زیاد می‌باشد به طوری که در طی دوره زندگی یک مولد ماده ۶۰ تا ۱۴ عدد تخم تولید می‌شود. به طور کلی، رشد جمعیت پاروپایان هارپاکتیکوئید به شدت وابسته به دما است، به طوری که گونه‌های مناطق معتدله و گرمسیری با دمای ۲۵ °C، بیشترین سرعت رشد قابل مشاهده است. هارپاکتیکوئیدها همچنین دارای r_{max} نسبتاً بالایی هستند. Rhodes (۲۰۰۳)، به منظور بهینه سازی رشد جمعیت *N. lacustris*، تکنیک‌های مدلینگ جمعیت متعددی به کار گرفت.

بسیاری از هارپاکتیکوئیدها حدود بالایی از شرایط دمایی و شوری را تحمل می‌کنند. با این وجود اغلب هارپاکتیکوئیدها قادر به تحمل شرایط کمبود اکسیژن نبوده و هوادهی در طول پرورش ضرورت دارد. علاوه بر این، هارپاکتیکوئیدها عموماً قابلیت تحمل آلودگی‌هایی مانند فلزات سنگین و هیدروکربن‌ها را ندارند. از سوی دیگر توانایی تحمل مواد زائد از جمله آمونیاک تولید شده در سیستم پرورشی را دارند.

فاکتورهای محدودکننده

تعداد نسبتاً کمی از هارپاکتیکوئیدها ایجاد سیست[2] کرده، تولید مراحل سکون را داشته یا اینکه وارد مرحله دیاپوز می‌شوند. تنها در یک گونه از هارپاکتیکوئیدها (*Heteropsyllus nunni*) تولید سیست مشاهده شده است و هیچ گونه گزارشی مبنی بر وجود تخم‌های دیاپوز ارائه نشده است. گونه *Heteropsyllus nunni* یکی از گونه‌های متداول مجموعه هارپاکتیکوئیدهای مصبی در طول خط ساحلی آتلانتیک (اقیانوس اطلس) آمریکای شمالی است ولی به ندرت در تراکم‌های بالا یافت می‌شود. پرورش انبوه آن نیز موفقیت‌آمیز نبوده است. بنابراین، سیست‌های *H. nunni* کمیاب بوده و تهیه آن دشوار است. Lonsdale و همکاران (۱۹۹۳)، موفق به تشخیص سکون تولیدمثلی[3] در مراحل انتهایی ماده‌های جوان یکی از گونه‌های هارپاکتیکوئیدها شد. Dahms (۱۹۹۵)، گزارشی از یک هارپاکتیکوئیدها قطبی ارائه داد که وارد دیاپوز شده ولی سیست تشکیل نمی‌دهد. عدم وجود مرحله سکون[4] در هارپاکتیکوئیدها حاکی از آن است که احتمال تهیه گسترده هارپاکتیکوئیدها در مرحله سیست، که قابلیت نگهداری جهت تأمین تقاضای فوری پرورش ماهیان دریایی را داشته باشد، وجود ندارد (به گونه‌ای که در حال حاضر در مورد آرتمیا و تخم‌های کالانوئید انعطاف‌پذیری وجود دارد).

با این وجود، هارپاکتیکوئیدها قادر به حفظ کیفیت تغذیه‌ای خوب خود تحت شرایط گرسنگی حداقل ۵ تا ۱۰ روز هستند. شکل ۱ اطلاعات مربوط به چربی‌های *A. atopus* (برای کلاس‌های مختلف را بر اساس درصد وزن خشک کل) را در شرایط گرسنگی نشان می‌دهد (داده‌ها از طریق کروماتوگرافی و تشخیص یونی بعد از برداشته شدن کوپه پودها از کشت انبوه و پس از انتقال به فلاسک-های حاوی آب دریا به دست آمده است). داده ها حاکی از آن است که دو کلاس (نوع) لیپید(فسفولیپید و تری‌گلیسریدها) طی ۵ روز گرسنگی در حد بالا حفظ شده و اینکه تمامی مقادیر لیپید به طور بارزی بین ۵ تا ۱۰ روز گرسنگی کاهش می‌یابند. چون اسیدهای چرب ضروری برای رشد ماهیان به کلاس فسفولیپید تعلق دارند و چون تری‌گلیسیریدها منابع مهم انرژی هستند، در نتیجه به نظر می‌رسد *A. atopus* نگهداری شده در فلاسک‌ها با ۵ تا ۱۰روز عدم غذادهی، در سطوح بالا حفظ می‌شود. هارپاکتیکوئیدها قادرند به مدت طولانی در شرایط کمبود غذا و یا بدون غذا زنده بمانند، که حاکی از آن است که برخی گونه‌ها دامنه تحمل گسترده‌ای در برابر گرسنگی دارند.

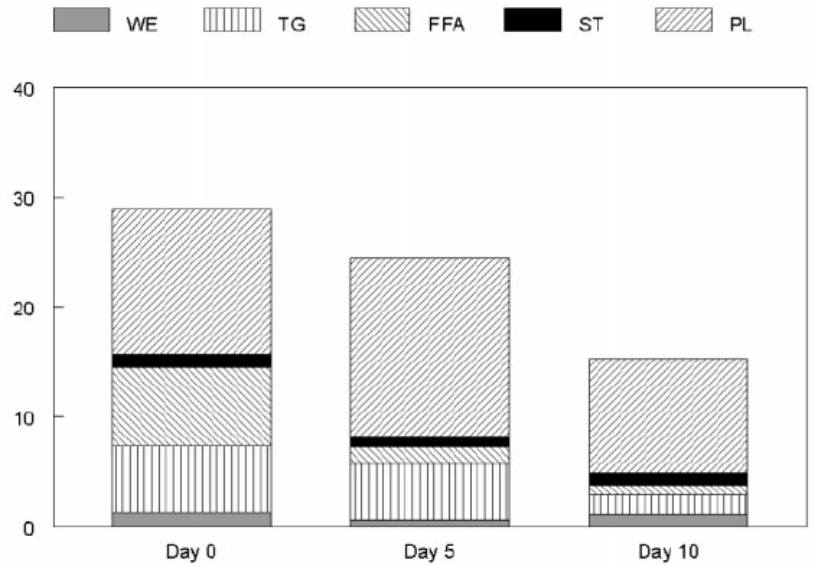
به نظر می‌رسد ارزش غذایی آرتمیا تحت شرایط گرسنگی به سرعت افت پیدا می‌کند، همانگونه که ارزش آن به عنوان غذای ماهی کاهش می‌یابد (Léger *et al*., 1986). اگر چه مطالعات تکمیلی در مورد گونه‌های بیشتری مورد نیاز است، با این حال هارپاکتیکوئیدها می‌توانند یک منبع غذای خوب طی چند روز بعد از برداشت از سیستم کشت انبوه باشند. بنابراین می‌توان هارپاکتیکوئیدهای پرورش‌یافته در یک نقطه را به مکان-های دورتر انتقال داده و برای مدت کوتاهی نگهداری نمود به طوری که ارزش غذایی آن افت ناچیزی داشته باشد. اگر این امکان وجود نداشت، در نتیجه پرورش‌دهندگان هارپاکتیکوئیدها باید طوری دوره پرورش را کنترل می‌کردند که تولید مطابق با تقاضای پرورش دهندگان ماهی باشد (هم به تاریخ تکثیر و هم زمان رسیدن لارو ماهی‌ها توجه کنند). یک راه دیگر توسعه مراکز پرورش پاروپایان در نزدیکی مزارع پرورش لاروی است.

از آنجا که اغلب پاروپایان هارپاکتیکوئید حداقل در بخشی از زندگی خود کفزی هستند، در اغلب گونه‌ها جهت پرورش نیاز به بستر می‌باشد و اینکه برداشت منظم و کامل تمامی مراحل تکاملی کشت انبوه به عنوان یک چالش جدی مطرح است. Chandler (۱۹۸۶)، نوعی بستر را جهت پرورش هارپاکتیکوئیدها توصیه نمود که به راحتی الک شده و امکان جداسازی مناسب هارپاکتیکوئیدهای بالغ و رسوباتی که بر روی آن‌ها پرورش یافته‌اند،

[1] - generation time
[2] - encyst
[3] - reproductive dormancy
[4] - lack of dormancy

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2025-11-18]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1395.3.3.6.9]

وجود دارد. با این وجود مواد پوسیده حاصل از افزودن غذا و پلت‌های مدفوعی و مواد زائد که به سرعت در طی پرورش ایجاد می‌شوند، هم اندازه هارپاکتیکوئیدهای لاروی و جوان ها هستند که جداسازی کامل و تمیز را غیرممکن می‌سازند و پرورش انبوه با وجود رسوبات به طور موثری اجرا نشدنی است.



شکل ۱: تأثیر گرسنگی بر ترکیب چربی‌های. در روز صفر چربی‌ها ۲۹/۰٪ وزن خشک کوپه ود کامل را تشکیل داده است؛ در روز ۵، چربی‌ها ۲۴/۵٪ وزن خشک کوپه‌پود کامل را تشکیل داده است؛ و در روز ۱۰، چربی‌ها ۱۵/۳٪ وزن خشک کوپه‌پود کامل را تشکیل داده است؛ WE، استرهای واکس؛ TG، تری‌گلیسریدها؛ FFA، اسیدهای چرب آزاد؛ ST، استرول‌ها و PL، فسفولیپیدها (Fleeger, 2005).

با این حال برخی از هارپاکتیکوئیدهای بالغ و جوان دارای توانایی شنای خوبی هستند و مرتباً وارد ستون آب می‌شوند. فیلترهایی که همراه با چرخش آب در چمبرهای پرورش تعبیه شده‌اند جهت صید تعداد زیاد هارپاکتیکوئیدهای در حال شنا (اغلب پست ناپلی‌ها) با حداقل تلاش و حداقل اشغال استفاده شده‌اند Rhodes (۲۰۰۳)، از طریق فیلتر نمودن بخش‌های بالایی ستون آب، بالغ‌های در حال شنای *N. lacustris* را برداشت کرد.

چون ناپلی اغلب هارپاکتیکوئیدها دارای نورگرایی منفی، رفتار جستجو در رسوبات و چسپیدن به رسوبات هستند ولی توانایی شنای ضعیفی دارند، بنابراین برداشت برخی ناپلی‌ها بدون جمع‌آوری همزمان مقادیر زیادی از آشغال‌ها، دشوار خواهد بود. حتی ناپلی هارپاکتیکوئیدهایی که در ظرف‌های فاقد رسوبات پرورش یافته‌اند، نیز ممکن است به بستر چسپیده و با مواد پوسیده و مدفوعی و آشغال‌های غذایی به صورت توده به هم چسپیده درآیند. با این وجود ناپلی *T. Holothuriae* مستثنی بوده و دارای نورگرایی مثبت می‌باشد و به درون آب شنا می‌کند که امکان صید کامل و تمیز را فراهم می‌سازد. اگر چه نشان داده شده است که *A. atopus* قابلیت تولید خیلی زیادی در کشت انبوه دارد (همراه با سنگریزه‌های کوچک به عنوان بستر)، با این حال Sun و Fleeger، (۱۹۹۵)، قادر نبودند که ناپلی‌های فاقد قدرت شنا را به خوبی و با کارایی بالا از مواد پوسیده تولید شده در پرورش جدا کنند. باید از روش‌های جدیدی جهت جداسازی ناپلی‌ها از آشغال‌ها استفاده شود و همچنین برخی از این روش‌ها نیاز به مطالعات تکمیلی دارند. Kahan و همکاران (۱۹۸۲)، اقدام به پرورش هارپاکتیکوئیدها در یک کیسه مشبک با سوراخ‌های مناسب جهت خارج شدن ناپلی‌ها از کیسه نمودند، به طوری که ناپلی‌ها بعد از خروج در دسترس لارو ماهیان اطراف کیسه قرار داشتند. اقدامی در جهت سانتریفیوژ تراکمی[1] در محیط کشت غیر سمی (مانند ترکیب سوربیتول و سیلیسیم کلوئیدی که توسط Schwinghamer (۱۹۸۱) استفاده شده است) اتخاذ نشده است، اما ممکن است موفقیت این روش در جداسازی ناپلی‌ها از حجم زیاد آشغال تولیدشده در طول پرورش، به همان اندازه که در جداسازی میوفون زنده از رسوبات موفق بوده باشد.

در یک موضوع مرتبط، هارپاکتیکوئیدهای فاقد قدرت شنا (از جمله ناپلی‌ها) ممکن است به منظور فراهم نمودن غذا، به معلق‌سازی آن‌ها در حضور لارو ماهیان پلاژیک مورد نیاز باشد. برای این منظور می‌توان از چرخش متلاطم آب به آرامی استفاده نمود تا هارپاکتیکوئیدها طوری معلق نگه داشته شوند که با رفتار تغذیه‌ای ماهیان تداخلی ایجاد نکنند. با این حال Støttrup و Norsker (۱۹۹۷)، متوجه شدند که ناپلی‌های *T. holothuriae* دارای قدرت

[1] - Density centrifugation

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2025-11-18]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1395.3.3.6.9]

شنا از دیواره‌های ظروف نگهداری دوری می‌کنند و در دسترس لارو ماهیان قرار می‌گیرند.

رفتار هارپاکتیکوئیدها هم در رسوبات و هم در ستون آب به خوبی بررسی نشده است. تعداد کم مشاهدات صورت گرفته‌شده در ارتباط با رفتار هارپاکتیکوئیدها در آب حاکی از آن است که اغلب آن‌ها به منظور شنا در شرایط سکون آبی، طی فواصل دوره‌ای رسوبات را به صورت جهش‌های کوتاه مدت[1] ترک می‌کنند، حدود چند سانتی‌متر رو به بالا شنا می‌کنند و سپس با آب جابه‌جا می‌شوند یا رو به پایین به سمت سطح رسوبات شنا می‌کنند. این موضوع نشان می‌دهد که به طور کلی، پاروپایان هارپاکتیکوئید، شناگرهای قوی با قابلیت شنا در مسافت‌های طولانی نیستند، یا قابلیت حرکت مداوم در آب را ندارند. احتمالاً این توانایی نسبتاً کم شنا باعث کاهش واکنش‌های فرار ناشی از شنا می‌شود و صید آن‌ها را توسط لاروهای ماهیان راحت‌تر می‌سازد (به ویژه در مورد ماهیانی که نزدیک بستر زندگی می‌کنند). Turingan و همکاران اقدام به فیلمبرداری از پاروپایان در حضور لارو ماهیان نمودند و متوجه شدند که واکنش فرار *N. lacustris* در مقایسه با پاروپایان کلانوئید *Acartia sp* کاهش داشت. *N. lacustris* در حضور لارو ماهی سرعت شنای خود را از ۴ به ۱۷ میلی‌متر در ثانیه افزایش داد در حالی که Acartia sp از ۳ به ۵۸ میلی‌متر در ثانیه افزایش داد. *N. lacustris* در اجتناب از صید توسط لارو ماهیان موفقیت کمتری داشت. با این وجود، اندازه‌گیری سرعت‌های شنا و واکنش فرار پاروپایان هارپاکتیکوئید، نیازمند اجرای تحقیقات تکمیلی است. مطالعاتی همانند مطالعه Buskey و همکاران (۱۹۹۳)، می‌توانند مدل خوبی برای کار بر روی هارپاکتیکوئیدها باشند و بویژه می‌تواند جالب توجه باشد که تعیین شود آیا گونه‌هایی که در پرورش استفاده می‌شوند (مانند *T. holothuriae* و *N. lacustris*) از لحاظ رفتارهای اختصاصی با هم فرق دارند که سبب ترجیح آن‌ها در فعالیت‌های شیلاتی اختصاصی شده‌اند. در نهایت تأثیر تلاطم و آشفتگی و حضور شکارچی ممکن است سبب تغییر رفتارهای مانند فراوانی دفعات شنا یا سرعت‌های شنا شوند که باید در شرایط آزمایشگاهی کنترل شده بررسی شوند.

برخی شواهد حاکی از آن است که نوعی واکنش‌های فرار ممکن است در پاروپایان هارپاکتیکوئید دیده شود که مرتبط با توانایی شنای آن‌ها نباشد. بسیاری از هارپاکتیکوئیدها دارای سیخک‌های دمی محکم[2] هستند که ممکن است طول آن به بیش از ۲۰٪ طول بدن برسد. مشاهدات اولیه توسط Sun (مشاهدات منتشر نشده) نشان می‌دهند وقتی که لارو ماهی رد درام[3] (*Sciaenops ocellatus*) به *A. atopus* حمله می‌کند نوعی واکنش فرار شدید از خود نشان می‌دهد. به نظر می‌رسد که *A. atopus* بعد از آن که در دهان لارو ماهی رد درام قرار گرفت، از طریق زخمی کردن[4] مداوم لارو بوسیله سیخک‌های دمی خود در برابر شکار شدن مقاومت کند. این کار اغلب و به فراوانی توسط *A. atopus* ادامه دارد و ظاهراً منجر به رها شدن یک پاروپای زنده، آسیب ندیده که قادر به شنا کردن است می‌شود. Buskey مشاهده کرد که هارپاکتیکوئید *E. acutifrons* بلافاصله بعد از اینکه وارد دهان ماهیان کوچک شد، پس زده شد[5]. برخی مشاهدات دیگر بیانگر آن هستند که هارپاکتیکوئید ممکن است به صورت زنده از دستگاه گوارش ماهیان کوچک عبور کنند. Rhodus (مشاهدات منتشر نشده) مشاهده کرد که *T. californicus* به منظور فرار از شکار شدن، از دستگاه گوارش و دیواره بدن اسبک دریایی[6] (*Hippocampus reidi*) عبور می‌کند (و با این روش باعث آسیب زدن یا کشته شدن شکارگر شناخته شده[7] خود می‌شوند). اگرچه معمولاً این گونه مشاهدات به شواهد بیان‌شده به صورت شفاهی محدود شده‌اند، با این حال مطالعه بیشتر رفتار هارپاکتیکوئیدها در حضور شکارچیان بویژه آن‌هایی که به عنوان گزینه‌های کاندید برای پرورش انبوه مطرح هستند، قابل توجیه به نظر می‌رسد. متعاقباً این امکان وجود دارد که در مقایسه با جیره‌های حاوی آرتمیا یا روتیفر که غیر فعال‌تر هستند، توانایی هارپاکتیکوئیدها در تلاش برای اجتناب از شکار شدن باعث تحریک اشتهای لارو ماهیان شود. Støttrup و Norsker (۱۹۹۷) و Heath و Moore (۱۹۹۷)، گزارش دادند که گنجاندن هارپاکتیکوئیدها در رژیم غذایی دو گونه متفاوت لارو ماهیان دریایی منجر به افزایش رشد و اشتها شده است.

گونه‌های مستعد جهت پرورش دریایی

در حال حاضر پرورش انبوه چندین گونه از هارپاکتیکوئیدها به خوبی اجرا شده است و تولید آن‌ها به اندازه‌ای است که پاسخگوی نیازهای پرورش دریایی باشند. زیست‌شناسی پایه اغلب گونه‌های مطالعه‌شده (در زیر توضیحاتی در خصوص گونه‌های مربوط به جنس‌های *Amphiascoides*، *Tisbe*، *Tigriopus* و *Nitokra* ارائه شده است) اختلافات چشمگیری داشته که ممکن است بر موفقیت این هارپاکتیکوئیدها در تغذیه آغازین لارو ماهیان تاثیرگذار باشند. چون هارپاکتیکوئیدهایی که به عنوان گزینه‌های غذایی لاروی مطرح هستند باید یک اندازه دقیق داشته باشند و دسترسی به آن‌ها همیشگی باشد، بنابراین، اندازه کوچک‌ترین مراحل تکاملی (ناپلیوس یا کوپه‌پودی) و توانایی شنای آن‌ها از کلیدی‌ترین عوامل

[1] - short bursts
[2] - strong caudal setae
[3] - red drum
[4] - stabbing
[5] - rejected
[6] - sea horse
[7] - putative predator

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2025-11-18]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1395.3.3.6.9]

هستند. گزارشات اخیر نشان می‌دهند که پهنا یا عرض بدن طعمه باید حدود ۸۰٪ اندازه باز شدن دهان لارو ماهیان باشد و در نتیجه برای آنکه طعمه تأمین‌کننده رشد فعال در اغلب لاروها شود، عرض آن نباید از ۷۵ میکرومتر بیشتر باشد (Fleeger, 2005). اندازه بدن و توانایی شنای هارپاکتیکوئیدهایی که دارای پرورش انبوه موفق بوده‌اند، متفاوت است (جدول ۲). کوچک‌ترین ناپلی مربوط به گونه‌های *T. holothuriae* و *N. lacustris* با اندازه کوچک‌تر یا مساوی ۷۵ میکرومتر است. با این حال، قدرت شنای آن‌ها با هم متفاوت است. ناپلی *Tisbe holothuriae* دارای قابلیت شنا بوده و نشان داده شده است که می‌تواند در دسترس ماهیان جوونایل قرار گیرد، در حالی که *N. lacustris* تنها در مراحل کوپه‌پودی یا بلوغ می‌تواند شنا کند. عرض بدن اولین مرحله ناپلی *Tigriopus japonicus* و *A. atopus*، ۱۰۰ میکرومتر است ولی، *T. japonicus* تنها در آخرین مرحله ناپلی وقتی که به اندازه کافی بزرگ‌تر شد شنا می‌کند و ناپلی *A. atopus* شنا نمی‌کند. با این وجود، کوچک‌ترین مرحله کوپه‌پودی *N. lacustris* حدوداً به اندازه روتیفر است و قادر به شنا است، که می‌تواند حاکی از آن باشد که هارپاکتیکوئیدهای دارای اندازه کوچک می‌توانند جایگزین یا مکمل‌های مناسبی برای روتیفرها در پرورش لاروی باشند. عرض بدن مراحل ناپلی و کوپه‌پودی و رفتار آن‌ها در هنگام انتخاب گونه مناسب جهت پرورش دریایی مدنظر قرار گرفته نشده‌اند، ولی می‌توانند معیارهای مهمی در انتخاب گونه‌های جدید پرورشی باشند.

جدول ۲: طول و عرض بدن برخی هارپاکتیکوئیدهای مورد نظر در پرورش انبوه

	Tisbe [a]		*Tigriopus* [b]		*Amphiascoides* [c]		*Nitokra* [d]	
	طول	وزن	طول	وزن	طول	وزن	طول	وزن
N I	۷۳	۷۱	۱۰۲	۱۰۷	۳۵	۱۰۰	Nr	Nr
N VI	۲۰۷	۱۴۰	۲۳۲	۱۹۹	۱۰۴	۱۹۰	۶۲d	۷۸d
C I	۳۲۲	۱۴۸	۳۵۰	Nr	۳۲۵	۱۰۵	۱۸۸	۸۸
A ♀	۷۷۳	۳۱۰	۱۰۰۳	Nr	۹۲۵	۱۵۵	۶۱۶	۱۷۳

نکته: اندازه‌گیری‌ها به میکرومتر، Nr، گزارش نشده؛ N، ناپلیوس؛ C، کوپه‌پودی؛ ♀ A، بالغ ماده.

a برگرفته از Dahms و Bergmans (۱۹۸۸)، ابعاد بدن بالغین *Tisbe gracilis* مشابه مراحل تکاملی *T. holothuriae.* و *T. holothuriae* است.

b برگرفته از Ito (۱۹۷۰).

c برگرفته از Lotufo و Fleeger (۱۹۹۵) و Fleeger (منتشر نشده).

d برگرفته از Rhodes (منتشر نشده). داده‌های مربوط به ناپلی حاصل میانگین ۶۰ عدد از تمامی مراحل اینستار می‌باشند.

نشان داده شده است که پرورش *A. atopus* انعطاف‌پذیر بوده و قابلیت تولید پایدار آن امکان‌پذیر است، به طوری‌که میزان محصول تولید روزانه بالغین و جوونایل‌های آن به چندین گرم وزن خشک می‌رسد و چندین ماه می‌توان آن را به صورت کشت‌های نسبتاً کوچک تولید نمود. با این وجود ناپلی *A. atopus* نسبتاً بزرگ بوده، فاقد قدرت شنا و جداسازی آن از آشغال‌های پرورشی دشوار است. علاوه بر این آزمایش بلند مدتی بر روی ماهیان اجرا نشده است که نشان دهد آیا این گونه، طعمه ترجیحی و با کیفیت تغذیه‌ای پایدار است. شاید بهترین مورد استفاده *A. atopus*، زمانی باشد که نیاز به پاروپایان با اندازه بالغین مورد نیاز باشد (مانند پرورش میگو یا خرچنگ) یا کاربردهای آزمایشگاهی که نیاز به توده زیادی از پاروپایان دارند.

جنس *Tigriopus* بیشترین تولید را در میان تمامی هارپاکتیکوئیدهای پرورشی در تانک‌های بزرگ سیستم‌های منحصراً آبی داشته است. محاسبات Tseng و Hsu (۱۹۸۴)، نشان می‌دهند که هزینه‌های پرورشی ماهی سی‌بریم (*Acanthopagrus latus*) در زمان استفاده از *T. Japonicus* نسبت به آرتمیا کمتر است. اگرچه برخی تحقیقات بهینه‌سازی جیره غذایی *Tigriopus* اجرا شده است ولی اطلاعات کمی در مورد رفتار جنس *Tigriopus* در دسترس است. به عنوان مثال رفتار شنا تنها در آخرین مرحله ناپلی شروع می‌شود. اجرای تحقیقات تکمیلی در ارتباط با بکارگیری جنس *Tigriopus* در پرورش ماهیان دریایی کاری قابل توجیه است ولی در خارج از ژاپن به کندی اجرا شده است. با این وجود، آزمایشات اخیر در ژاپن حاکی از آن است که نگهداری و حفظ کشت‌های *T. japonicas* به منظور حمایت از پرورش ماهیان دریایی از لحاظ هزینه کارگری تقاضای نامعقولی ایجاد می‌کند.

جنس Tisbe به طور موفقیت‌آمیزی در آزمایشگاه‌های مختلف در سرتاسر دنیا پرورش داده شده است و تأثیر آن بر افزایش رشد ماهیان اثبات شده است. حضور بستر منجر به بهبود پرورش *Tisbe holothuriae* می‌شود ولی تمامی مراحل تکاملی قادر به شنا کردن هستند و می‌توان آن‌ها را به وسیله فیلتراسیون جداسازی نمود. این گونه به خوبی به بهره‌برداری پاسخ می‌دهد و در کشت‌های بهره‌برداری شده، ترخ رشده بالا حاصل شده است. ناپلی *T. holothuriae* دارای اندازه بدن خیلی مناسب و دلخواه است و

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2025-11-18]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1395.3.3.6.9]

ویژگی‌های قدرت شنای خوب و نورگزایی مثبت دارد و در دسترس لارو ماهیان می‌باشد. در نتیجه ناپلی گزینه مناسبی جهت تغذیه آغازین لارو ماهیان است. با این وجود به منظور بهینه‌سازی تغذیه و بررسی رفتار آن‌ها در حضور ماهی اجرای تحقیقات تکمیلی و بیشتر می‌تواند مفید باشد. *T. holothuriae* نویدبخش آینده روشنی به عنوان مکمل یا جایگزین آرتمیا و روتیفر در پرورش لاروی است.

Nitokra lacustris به تازگی به عنوان یک گزینه مناسب جهت پرورش انبوه شناخته شده است. این گونه پاروپا نیاز به بستر ندارد، در طول زندگی دارای اندازه کوچک است، قابلیت شنای خوبی دارد (در تمامی مراحل بعد از ناپلی)، ویژگی‌های رشد سریع از خود نشان می‌دهد و انعطاف‌پذیری تغذیه‌ای دارد (Rhodes, 2003). اگرچه ناپلی قادر به شنا کردن نیست ولی کمترین عرض مراحل اولیه کوپه‌پودی کمتر از ۱۰۰ میکرومتر است که از لحاظ اندازه مشابه روتیفر است. علاوه بر این، *N. lacustris* به خوبی با استفاده از غذاهای فرموله شده رشد می‌کند، دارای ترکیب اسیدهای چرب مطلوب بوده و در مقایسه با پاروپایان کالانوئید واکنش فرار کمتری نشان می‌دهد. باید در قالب آزمایشات تغذیه‌ای تحقیات بیشتری با ماهیان مختلف صورت گیرد. با این وجود، به نظر می‌رسد *N. lacustris* می‌تواند نویدبخش گزینه مناسبی جهت جایگزینی با روتیفر در پرورش ماهیان دریایی باشد. در بین تمامی گونه‌هایی که تا به امروز بررسی شده‌اند، به نظر می‌رسد پرورش انبوه پایدار و استفاده از *T. holothuriae* و *N. lacustris* در پرورش ماهیان دریایی امکان‌پذیر باشد و تحقیقات بیشتری باید بر روی هر دو گونه صورت گیرد.

جهت‌گیری‌های آتی

احتمال پیدا نمودن یک گونه پاروپای هارپاکتیکوئید با قابلیت تولید تخم‌های نهفته[1] یا دارای مراحل رکود[2] و با پتانسیل استفاده در پرورش دریایی کم است. با این وجود هارپاکتیکوئیدهای حاصل از پرورش انبوه دارای کیفیت تغذیه‌ای عالی بوده و سبب بهبود رشد لاروی ماهیان می‌شوند. علاوه بر این هارپاکتیکوئیدها در مقایسه با سایر پاروپایان جمعیت‌های پرتراکم‌تری تولید می‌کنند و پاروپایان پرورش‌یافته در شرایط آزمایشگاهی شانس گسترش بیماری را در سیستم‌های پرورش ماهیان دریایی کاهش می‌دهند. اگرچه قبل از جایگزینی یا استفاده به عنوان مکمل غذاهای زنده متداول با هارپاکتیکوئیدهای پرورش‌یافته در شرایط آزمایشگاهی، یکسری تحقیقات تکمیلی بیشتر مورد نیاز است. کارایی و پایداری پرورش انبوه هارپاکتیکوئیدها بایستی بهبود یابد. علاوه بر این، باید تحقیقاتی در زمینه رفتار پاروپایان، بهینه‌سازی جیره غذایی آن‌ها و همچنین مدت زمان حمل و نقل و یا نگهداری آن‌ها بدون افت کیفیت اجرا شوند تا تعیین شود که کدام گونه می‌تواند نیازهای اختصاصی پرورش ماهیان دریایی را مرتفع سازد.

در حال حاضر، تحقیقاتی در مورد گونه‌های پاروپای هارپاکتیکوئیدها که دارای ویژگی‌های مطلوب بوده و به عنوان غذای زنده با کیفیت بالا در پرورش ماهیان دریایی نیز مطرح هستند، ادامه دارد. مهم ترین اولویت پیدا نمودن و معرفی گونه‌هایی با اندازه نسبتاً کوچک ولی دارای توانایی شنا در تمامی مراحل تکاملی همراه با توانایی رشد بدون نیاز به استفاده از بستر است. گونه‌های کاندید شامل گونه‌هایی با رشد سریع در شرایط بدون استفاده از بستر و اندازه نسبتاً کوچک ناپلی پلاژیک یا مراحل اولیه کوپه‌پودی پلاژیک هستند. به نظر می‌رسد اعضاء خانواده‌های کانوئیلیده[3] و لانگی پدیده[4] گزینه‌های خیلی خوب باشند. ناپلی این خانواده‌ها پلاژیک هستند و رفتار نورگرایی مثبت دارند. علاوه بر این، موفقیت‌هایی در پرورش این‌ها حاصل شده است، ولی تلاشی در جهت پرورش گسترده و زیاد گونه‌های این دو خانواده مرتبط صورت گرفته نشده است. سایر گونه‌های دارای آینده روشن شامل گونه‌های جنس *Schizopera* می‌باشند. گونه‌های جنس *Schizopera* از لحاظ اندازه مشابه *N. lacustris* هستند و بدون استفاده از بستر رشدی با پتانسیل تولیدمثلی بالا از خود نشان می‌دهند.

بدون شک گونه‌های زیادی از پاروپایان هارپاکتیکوئید ممکن است با موفقیت در پرورش انبوه تولید شوند و می‌تواند به عنوان یک غذای زنده در رفع نیازهای پرورش دریایی به کار گرفته شوند. هیچ پروتوکلی به منظور راهنمایی محققین در جمع آوری هارپاکتیکوئیدها و کمک به شناسایی گونه‌های مختلف دارای پتانسیل پرورش انبوه وجود ندارد. یکی از روش‌هایی که ممکن است مفید باشد جمع‌آوری توده‌های پلانکتون نزدیک به بستر (شاید در تاریکی) در محیط‌های دارای دما، شوری و آشفتگی‌های زیاد است. می‌توان نمونه‌هایی که به صورت ترکیب گونه‌ای طی زمان‌ها و در مکان‌های مختلف جمع‌آوری شده‌اند را در سیستم‌های پرورشی انبوه تولید نمود. بررسی این کشت‌ها در طول زمان می‌تواند جهت تعیین گونه‌های دارای قابلیت بقاء و تولیدمثل بهتر کمک نمایند. یکی دیگر از منابع سایر هارپاکتیکوئیدهای سیستم‌های پرورشی موجود است (در آزمایشگاه‌های دولتی و دانشگاهی و همچنین در آزمایشگاه‌های تجاری مراکز علاقمند به پرورش ماهیان و بی‌مهرگان) که هارپاکتیکوئیدها در آن‌ها به صورت موجودات مزاحم دیده می‌شوند.

[1] - resting eggs
[2] - diapause stages
[3] - Canuellidae
[4] - Longipediidae

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2025-11-18]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1395.3.3.6.9]

منبع

Fleeger, J.W., 2005. The potential to mass-culture harpacticodi copepods for use as food for larval fish. In: Lee, C.-S., O'Bryen, P.J., Marcus, N.H. (Eds). Copepods in Aquaculture. Blackwell Publishing, Ames, Iowa, USA. pp. 11-24.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2025-11-18]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1395.3.3.6.9]