

نشریه شیلات، مجله منابع طبیعی ایران  
دوره ۶۷، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۷/۱۱

ص ۱۳۷-۱۴۷

## بررسی مقایسه‌ای شکل لاروهای سالم و تلف‌شده فیل ماهی

### *(Huso huso)* با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی

- ❖ حمید اسحق‌زاده: کارشناس ارشد گروه شیلات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
- ❖ سهیل ایگدری\*: استادیار گروه شیلات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
- ❖ هادی پورباقر: استادیار گروه شیلات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
- ❖ غلامرضا رفیعی: استاد گروه شیلات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

#### چکیده

تلفات بالا در زمان بعد از شروع تغذیه فعال در لاروماهیان خاویاری از مهم‌ترین معضلات مراکز تکثیر و پرورش است و به نظر می‌رسد این تلفات ناشی از انواع بدشکلی‌ها در قسمت‌های مختلف بدن باشد که در بازماندگی و بازارپسندی ماهیان تولیدشده تأثیر می‌گذارد. از این رو، این تحقیق با هدف مقایسه شکل بدن نمونه‌های سالم و تلف‌شده لارو فیل‌ماهی در زمان شروع تغذیه فعال و بررسی انواع الگوهای بدشکلی در آنها، با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی، به اجرا درآمد. در این روش از نمونه‌های سالم و تلف‌شده در روز ۱۵ پس از تفریح با دوربین دیجیتال عکس‌برداری شد و روی تصاویر دوبعدی حاصل با استفاده از نرم‌افزار TpsDig2 لندمارک‌گذاری انجام شد. داده‌های حاصل پس از آنالیز پروکراست، با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره PCA و DFA تحلیل شدند و الگوهای بدشکلی نسبت به شکل اجماع در شبکه تغییر شکل مصورسازی شدند. بین نمونه‌های سالم و تلف‌شده اختلاف معنی‌داری از نظر شکل یافت شد ( $P < 0.0001$ ). الگوهای بدشکلی مشاهده‌شده شامل خمیدگی و فشرده‌شدن ابتدای ساقه دم، فشرده‌شدن سرپوش آبششی، کوتاهی پوزه و کوتولگی بودند. این بدشکلی‌ها احتمالاً با تأثیر در رشد و عملکردهای بیولوژیکی لارو، به ویژه عملکرد شنا، و در نتیجه کسب‌کردن غذا سبب بروز تلفات در آنها شده‌اند.

واژگان کلیدی: بدشکلی، ریخت‌سنجی هندسی، فیل‌ماهی، لارو، Huso.

## ۱. مقدمه

به علت کاهش فراوانی اعضای خانواده تاسماهیان در محیط زیست طبیعی، برنامه‌های تکثیر و پرورش و رهاسازی آنها به دریا برای بازسازی و احیای ذخایر طبیعی یا آبی‌پروری توسعه پیدا کرده است (Bronzi et al., 1999). در برنامه‌های تکثیر و پرورش تاسماهیان، تولید لارو حساس‌ترین و مشکل‌ترین مرحله است (Yasemi et al., 2011). در این بین تولید لارو و بچه فیل ماهی (*Huso huso*) به علت ارزش بالای اقتصادی و مناسب بودن برای آبی‌پروری اهمیت بسزایی دارد. لاروماهیان متحمل تغییرات سلولی و ریختی متنوعی در اولین روزهای زندگی خود می‌شوند (Balon, 1986). با توجه به ارتباط مستقیم تغییرات رفتاری با تغییرات ریختی (تکوین سیستم‌های تنفسی، تغذیه‌ای، حسی و شنا) در زمان فردزایی ممکن است هر گونه ناهنجاری ظاهری و عملکردی در اندام‌های ضروری، مانند آرواره‌ها، آبشش، باله‌ها و کیسه شنا، در موفقیت لارو برای گرفتن طعمه در محیط یا فعالیت‌های حیاتی مانند شنا و پرکردن کیسه شنا نقش داشته باشد (Koumoundouros et al., 2001; Koumoundouros et al., 1997; Morrison and MacDonald, 1995; Villamizar et al., 2009). برای مثال، حساسیت لاروماهیان به کمبود غذای مصرفی، خصوصاً به دنبال جذب کیسه زرده، می‌تواند تأثیرات درخور توجهی در بقای آنها داشته باشد (McFadzen et al., 1994) که علت آن دردسترس نبودن غذای کافی یا ناتوانی در کسب غذا در این مرحله است (Gisbert et al., 2002). با توجه به تلفات بالای لاروهای فیل ماهی در مرحله اولیه تغذیه فعال و در زمانی که کیسه زرده خود

را به طور کامل جذب کرده‌اند، این سؤال مطرح است که آیا تفاوتی بین شکل بدن لاروهای تلف شده و لاروهای سالم وجود دارد که بتوان ناهنجاری‌های شکل بدن را دلیلی بر تلفات بالای آنها دانست. ناهنجاری‌های متنوع در شکل بدن گونه‌های مختلف ماهیان از جمله *Dicentrarchus labrax* (Koumoundouros et al., 2002), *Solea senegalensis* (Gavaia et al., 2002), *Sparus Pagrus major* (Kihara et al., 2002), *Acipenser aurata* (Koumoundouros et al., 1997), *Huso huso* (Mohseni و *sinensis* (Hou et al., 2011) et al., 2000) و بروز تلفات ناشی از آن، از لارو دارای کیسه زرده تا بچه ماهی، در آنها گزارش شده است (Morrison and MacDonald, 1995).

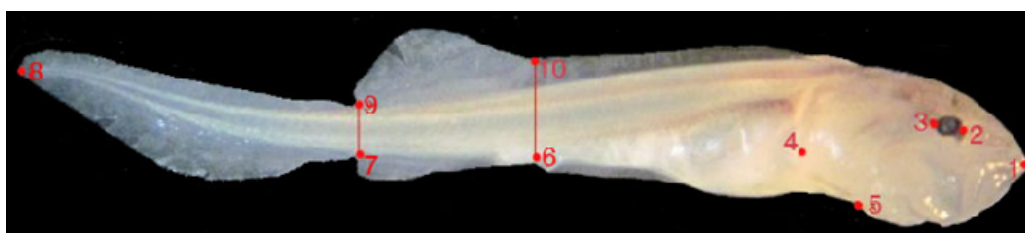
ریخت‌سنجی هندسی شامل استخراج شکل‌های زیستی بر اساس مختصات لندمارک‌ها و آنالیز آماری آنها بعد از حذف اندازه، موقعیت و جهت جایگاه مختصات لندمارک نمونه‌ها و آنالیز پروکراست است (Mitteroecker and Gunz, 2009). آنالیز ریخت‌سنجی هندسی شکل نسبت به ریخت‌سنجی سنتی دارای مزایای آشکاری از جمله دقت، صرفه‌جویی در زمان، مصورسازی اهداف مهم، امکان تفسیر دقیق و ارتباط بین نتایج است (Zelditch, 2004) و قادر است تفاوت‌های شکل افراد و بخش‌های مختلف آنها را نشان دهد که ناشی از بدشکلی‌ها، بیماری و جراحات‌ها، فردزایی و سازگاری به فاکتورهای جغرافیایی و تکامل است (Sfakianakis et al., 2006). از این رو، تحقیق حاضر با هدف مقایسه شکل بدن دو گروه از لاروهای تلف شده و سالم فیل ماهی در زمان شروع تغذیه فعال و یافتن الگوهای احتمالی بدشکلی با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی به اجرا درآمد.

## ۲. مواد و روش کار

لاروهای مورد مطالعه این تحقیق از تکثیر مصنوعی مولدین پرورشی با استفاده از هورمون  $LHRH_{a2}$  در بخش تکثیر و پرورش انیستیتوی تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری دکتر دادمان رشت استحصال شدند. دمای آب هنگام تزریق ۱۱ درجه سانتی‌گراد بود. پیش‌لاروها بعد از ۸ روز از تخم خارج شدند و بلافاصله با تراکم ۳۳ گرم در ۳ تانک پرورشی فایبرگلاس ۰/۵ تنی در ابعاد  $۱۰۵ \times ۱۰۲ \times ۵۲$  (طول  $\times$  عرض  $\times$  ارتفاع) قرار گرفتند که تا ارتفاع آبیگری ۲۰ سانتی‌متری آبیگری شده بودند. منبع و دبی آب با استفاده از مخلوط آب چاه و رودخانه به ترتیب با دبی ۴۰۰ سی‌سی در دقیقه و ۲۵۰ سی‌سی در دقیقه بودند. به منظور جلوگیری از کاهش دما، نوسانات شبانه‌روزی بالای دمای آب رودخانه، از آب چاه استفاده شد. شرایط دما، اکسیژن و pH طی دوره پرورش به صورت روزانه ثبت شد. میانگین pH آب در حدود  $7/2$  و دمای آب  $15/9$  درجه سانتی‌گراد و اکسیژن آب  $8/7$  ppm ثبت شد.

برای مطالعات ریخت‌سنجی، ۵۰ نمونه تلف‌شده و ۳۰ نمونه زنده لارو فیلم ماهی در روز ۱۵ پس از تفریح به طور کاملاً تصادفی نمونه‌برداری و در فرمالین بافری فسفات ۱۰ درصد تثبیت شدند. از سمت چپ سطح جانبی نمونه‌ها با استفاده از لوپ مجهز به دوربین Cannon با قدرت تفکیک ۸ مگاپیکسل عکس‌برداری شد. فواصل خطی نمونه‌ها از جمله طول کل (TL) با استفاده از نرم‌افزار

ImageJ سنجش شدند. برای استخراج داده‌های شکل در روش ریخت‌سنجی هندسی تعداد ۸ لندمارک (Landmark) و ۲ لندمارک کاذب یا نوع سوم (Pseudo-Landmark) تعیین و با استفاده از نرم‌افزار TpsDig2 روی تصاویر دوبعدی قرار داده شدند (شکل ۱). به منظور حذف ویژگی‌های غیر شکل و استخراج داده‌های شکل، جایگاه لندمارک‌های همه نمونه‌ها با استفاده از آنالیز پروکراست (Generalized Procrustes Analysis) روی هم‌گذاری شدند (Zelditch, 2004). داده‌های دو گروه لاروهای سالم و تلف‌شده با استفاده از آنالیزهای چندمتغیره به تابع‌های اصلی (PCA) و (Discriminate DFA) Functional Analysis تجزیه و با نرم‌افزارهای MorphoJ و Past تحلیل شدند. سپس، الگوهای مختلف بدشکلی با استفاده از روش Thin plate spline و با نرم‌افزار TpsSplin در شبکه‌های تغییر شکل (Deformation grid) مصورسازی شدند (Rohlf, 2001). مصورسازی شکل اجماع (Consensus) نمونه‌های سالم و بدشکل به منظور نشان‌دادن انحراف از میانگین حالت سالم اشکال نیز ارائه شد (شکل ۲). به منظور مقایسه شکل دو گروه، این مصورسازی بر اساس تغییر از میانگین حالت سالم به میانگین وضعیت بدشکل است (Bookstein, 1996). تجزیه و تحلیل داده‌های طول کل، طول سر و طول پوزه لاروها بین نمونه‌های سالم و تلف‌شده با استفاده از آنالیز t-test در نرم‌افزار SPSS ارزیابی شد.



شکل ۱. لندمارک‌های تعیین شده روی نمونه‌ها: ۱- ابتدایی‌ترین نوک پوزه، ۲- ابتدای چشم، ۳- انتهای چشم، ۴- قسمت میانی انتهای سرپوش آبششی، ۵- پایین‌ترین انتهای سرپوش آبششی، ۶- نقطه واقع در مقابل ابتدای باله پشتی (لندمارک نوع سوم)، ۷- نقطه واقع در مقابل انتهای باله پشتی (لندمارک نوع سوم)، ۸- انتهای باله دم، ۹- انتهای باله پشتی، ۱۰- ابتدای باله پشتی.

جدول ۱. بیومتری نمونه‌های جمع‌آوری شده (میانگین  $\pm$  SD)

تعداد نمونه	میانگین نمونه‌های سالم		میانگین نمونه‌های تلف شده	
	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
۳۰	میانگین طول کل (mm)		$17/17 \pm 1/6$	
	۱۸/۶۶	۲۳/۹۸	۱۸/۱۳	۲۳/۹۲
۳۰	میانگین طول سر (mm)		$4/77 \pm 0/48$	
	۴/۵۵	۶/۱۴	۴/۰۴	۵/۷۲
۳۰	میانگین طول پوزه (mm)		$1/24 \pm 0/34$	
	۱/۲۹	۱/۹۸	۴/۰۴	۱/۷۲

نمونه‌های بدشکل نشان داد که الگوهای شکل در بین آنها متنوع است، اما تفاوت شکل دو گروه زنده و تلف شده به طور عمده به واسطه بدشکلی‌ها در قسمت‌های پیشین و میانی بدن است (شکل ۳).

نتایج Thin plate spline در شبکه تغییر شکل (Deformation grid) و گراف Wireframe بین نمونه‌های زنده و تلف شده نشان داد که بیشترین جابه‌جایی لندمارک‌ها در نواحی سر، سرپوش آبششی و بخش جلویی دم در مقابل قسمت پیشین باله پشتی بود. در وضعیت شکل بدن، لندمارک‌های ۱، ۲ و ۳ (مربوط به ناحیه سر) و لندمارک‌های ۴ و ۵ (مربوط به ناحیه سرپوش آبششی) به سمت داخل و لندمارک‌های ۶ و ۱۰ (مربوط به ناحیه پشتی) به

### ۳. نتایج

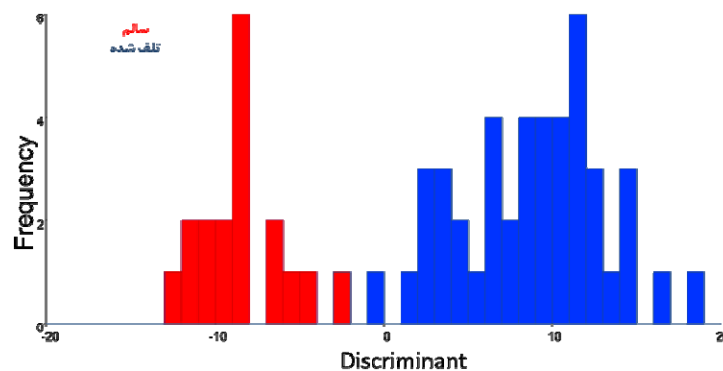
طول کل لاروها به طور متوسط در بین نمونه‌های سالم و تلف شده  $20/63 \pm 1/4$  میلی‌متر بود (جدول ۱). نمونه‌های سالم و تلف شده از نظر طول کل تفاوت معنی‌داری نداشتند ( $P > 0/05$ ). طول سر و پوزه نمونه‌های سالم و تلف شده تفاوت معنی‌داری را نشان دادند ( $P < 0/05$ ). طول سر و طول پوزه لاروهای تلف شده کمتر از نمونه‌های سالم بودند.

بررسی شکل نمونه‌های سالم و تلف شده در روز ۱۵ پس از تفریخ نشان داد که شکل بدن آنها به طور معنی‌داری متفاوت اند ( $P < 0/0001$ ) (شکل ۲). آنالیز PCA نیز دو گروه نمونه‌های تلف شده و سالم را کاملاً از هم جدا کرد (شکل ۳). وضعیت جمعی

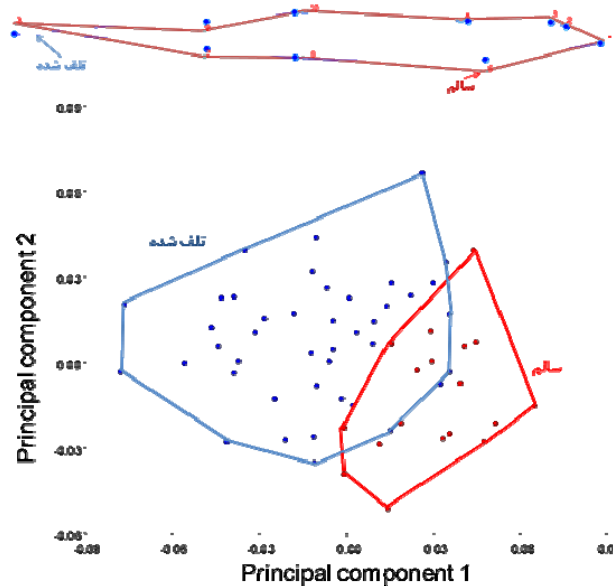
پشتی مشاهده شد (شکل ۴). مقایسه انفرادی الگوهای بدشکلی مشاهده‌شده با شکل اجماع نمونه‌های سالم با استفاده از شبکه تغییر و بدشکلی‌های استخراج‌شده از جابه‌جایی لندمارک‌ها در شکل ۴ آورده شده است. ناهنجاری‌های قسمت قدامی بدن با بدشکلی‌های ناحیه سرپوش‌های آبششی و پوزه همراه بود و در نمونه‌های تلف‌شده، فشردگی ناحیه سرپوش آبششی و طول پوزه به سمت داخل بود (شکل ۴).

سمت عقب جابه‌جا شده بودند. کمترین جابه‌جایی در شکل بدن مربوط به لندمارک‌های ۷، ۸ و ۹ (مربوط به ناحیه انتهایی دم) بود (شکل ۳). بنابراین عمده تفاوت بین دو گروه سالم و تلف‌شده مربوط به ناحیه سر و بخش پیشین دم در موقعیت باله پشتی بود (شکل ۳).

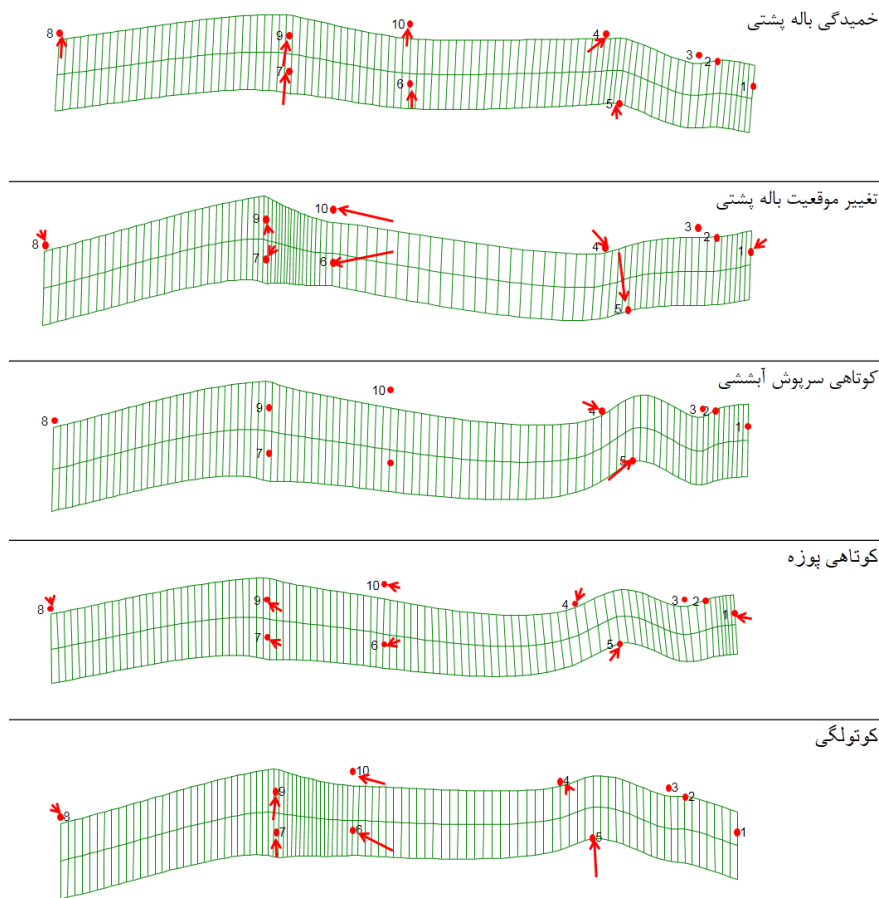
بر اساس الگوهای جابه‌جایی لندمارک‌ها روی شکل نمونه‌های تلف‌شده، بدشکلی در ناحیه پوزه، سرپوش آبششی، ناحیه ابتدایی دم و موقعیت باله



شکل ۲. نمودار Discriminant Functional Analysis داده‌های مختصات لندمارک‌های مربوط به شکل بدن لاروهای سالم و تلف‌شده فیل‌ماهی که کاملاً دو گروه را از هم جدا کرده است ( $P < 0.0001$ ).



شکل ۳. نمودار PCA شکل بدن لاروهای فیل‌ماهی. نمونه‌های سالم (رنگ قرمز) و تلف‌شده (رنگ آبی). (شکل بالای نمودار تغییر شکل از حالت طبیعی (آبی کمرنگ) به وضعیت بدشکلی در تلف‌شده‌ها (آبی پررنگ) را به صورت گراف Wireframe نشان می‌دهد).



شکل ۴. مقایسه انفرادی نمونه‌های بدشکل با استفاده از شبکه تغییر شکل (Deformity girds). (فلش‌های قرمز جهت جابه‌جایی لندمارک‌ها و الگوهای بدشکلی از نمونه‌های سالم به نمونه‌های بدشکل را نشان می‌دهد).

#### ۴. بحث و نتیجه‌گیری

از آنجا که تمرکز اصلی در آبزی‌پروری اجرای روش‌هایی برای اصلاح موفقیت تکثیر، بازماندگی و رشد است (Verhaegen *et al.*, 2007)، موفقیت یا موفق نبودن پرورش یک گونه ممکن است تا حد بسیاری به وسیله اتفاقاتی تعیین شود که مراحل ابتدایی تکوین را تحت تأثیر قرار می‌دهد و نسبت به مرحله بلوغ تأثیر آشکارتری دارد (Orton, 1953). در بیشتر مطالعات، حساس‌ترین دوره اغلب زمان تبدیل تغذیه داخلی به تغذیه خارجی گزارش شده است (Galis *et al.*, 1994) و بعد از شروع تغذیه فعال،

بدشکلی‌های مشاهده‌شده شامل خمیدگی و فشرده شدن ابتدای ساقه دم، فشرده شدن سرپوش آبششی، کوتاهی پوزه و کوتولگی بودند (شکل ۴). بدشکلی ناشی از کوتولگی بیشتر به علت کوتاهی و فشردگی ناحیه پیشین دم بود (شکل ۴). در گروه لاروهای تلف‌شده لندمارک‌های ۶ و ۱۰ به قسمت خلفی‌تر تغییر مکان داده بودند و این امر احتمالاً سبب تغییر مکان باله پشتی به ناحیه عقب‌تری از محور بدن، کوچک شدن قاعده باله پشتی و خمیدگی ناحیه پشتی در نمونه‌های تلف‌شده نسبت به نمونه‌های سالم شده است. بنابراین، قاعده و موقعیت باله پشتی نیز بین دو گروه متفاوت بود (اشکال ۳ و ۴).

رشد و تکوین لاروها به طور عمده به تأمین و تراکم غذای زنده در محیط پرورش وابسته است (Gisbert *et al.*, 2002; Oozeki *et al.*, 1992). در مرحله شروع تغذیه فعال، بدشکلی‌های ناحیه قدامی بدن، به ویژه قسمت دهان، می‌تواند فعالیت‌های تغذیه‌ای لارو را کاهش دهد و منجر به گرسنگی و در نهایت مرگ لارو شود (Barahona-Fernandes, 1979). انواع بدشکلی‌های دیگر نیز در این دوره می‌تواند در رشد و عملکردهای بیولوژیکی تأثیر بگذارد و آنها را در مقابل عوامل استرس‌زا و بیماری‌زا آسیب‌پذیر کند. علاوه بر این، مطالعه ریخت‌شناسی ماهیان در این دوره می‌تواند به درک تشکیل ساختارها و نیازهای عملکردی آنها نیز کمک کند (Adriaens *et al.*, 2001).

نتایج این تحقیق نشان داد که شکل بدن نمونه‌های تلف‌شده و سالم تفاوت معنی‌داری دارند. از این رو، این نتایج می‌تواند تأیید کند که تلفات احتمالاً به واسطه بدشکلی در بخش‌های مختلف بدن رخ داده است و ناهنجاری‌های شکل بدن را می‌تواند دلیلی بر تلفات بالای لاروها در این دوره ذکر کرد. بدشکلی‌ها یا تفاوت شکلی مشاهده‌شده در لاروهای تلف‌شده را می‌توان نتیجه تکثیر مصنوعی یا تأثیر نامطلوب فاکتورهای محیطی دانست که در مراحل تکوین اولیه لاروی اثر منفی می‌گذارند (Barahona-Fernandes, 1979; Varkonyi *et al.*, 1998; Mohseni *et al.*, 2000; Cobcroft and Battaglène, 2009).

بدشکلی‌های مشاهده‌شده لاروهای تلف‌شده در این مطالعه شامل خمیدگی و فشردگی ابتدای ساقه دم، فشردگی ناحیه سرپوش آبششی، کوتاهی پوزه

و کوتولگی بودند. در کارگاه‌های تکثیر فیلماهی و در بهترین تراکم ذخیره‌سازی سنتی، بیشترین بدشکلی ظاهری در لاروهای تلف‌شده را کج شدن ستون فقرات، آویزان بودن دم و گوژپستی گزارش کرده‌اند. در این گزارش حدود ۱۹ نوع ناهنجاری ظاهری در لاروهای تلف‌شده گزارش شده است که بیشتر این ناهنجاری‌ها در قسمت قدامی بدن بوده‌اند (Mohseni *et al.*, 2000). ذکر این نکته ضرورت دارد که الگوهای بدشکلی مشاهده‌شده در این تحقیق، برخلاف روش‌های سنتی، مطمئن‌تر است چراکه روش ریخت‌سنجی هندسی تغییرات کل شکل بدن را به صورت یک واحد بررسی می‌کند. این روش نسبت به روش‌های کیفی بررسی بدشکلی‌ها توانایی بالایی در آشکارکردن شکل‌های زیستی دارد و با کمی کردن تفاوت‌های ریختی، شکل‌ها را بدون توجه به نظر محقق آشکار می‌کند.

عمده بدشکلی‌های ریختی در لاروهای فیلماهی تلف‌شده در زمان بعد از شروع تغذیه فعال مربوط به سر در ناحیه پوزه و سرپوش آبششی بود. بدشکلی و کوتاهی پوزه و به دنبال آن بدشکلی دهان و کاهش اندازه شکاف دهانی می‌تواند در موفقیت برای گرفتن طعمه در ستون آب تأثیر گذارد و سبب کاهش دامنه انتخاب شکار و رقابت شود (Scharf *et al.*, 2000). چنین وضعیتی می‌تواند در مورد لاروهای فیلماهی نیز صدق کند. در لارو باس دریایی (*Dicentrarchus labrax*) بدشکلی دهان فعالیت تغذیه‌ای را کاهش داده و منجر به تلف شدن لاروها شده است (Cobcroft and Battaglène, 2009). بدشکلی در قسمت آرواره و پوزه به علت رفتار لارو و صدمات مکانیکی ناشی از برخورد لارو به دیواره تانک‌های

فیل ماهی به واسطه بدشکلی ابتدای ساقه دم و در نتیجه کوتولگی بود. موارد متعددی از تلفات ناشی از بدشکلی مربوط به ناهنجاری ناحیه دم، به ویژه اسکلت دم، در ماهیان گزارش شده است (Koumoundouros et al., 2002; Verhaegen et al., 2007). چنین بدشکلی‌هایی می‌توانند در فعالیت شنا، به دست آوردن غذا و فرار از شکارچی مشکل ایجاد می‌کنند (Varkonyi et al., 1998). از این رو، با توجه به شرایط تانک‌های پرورشی، به نظر می‌رسد لاروهای فیل ماهی با بدشکلی دم (خمیدگی و احتمالاً ناهنجاری ستون فقرات) به علت کاهش عملکرد شنا تلف شده‌اند. گزارش شده است که گربه ماهیان (*Heteropneustes fossilis*) و (*Mystus vitattusk*) لاروهای غیرطبیعی با بدشکلی دم و کج شدن ستون فقرات، به علت باقی ماندن در موقعیت جانبی روی بستر، تعادلشان را از دست می‌دهند و خفگی در آنها به وقوع می‌پیوندد (Koumoundouros et al., 2001; Teji and Thomas, 2006).

نتایج این مطالعه تفاوت شکل بدن را بین لاروهای سالم و تلف شده، صرف نظر از نوع بدشکلی‌ها، نشان داد. با توجه به بدشکلی‌های قسمت سر (پوزه و سرپوش آبششی)، قسمت پیشین ساقه دم و موقعیت باله پشتی در پیش لاروهای فیل ماهی، این تلفات را می‌توان ناشی از ضعف عملکرد شنا و در نتیجه نبود تغذیه مناسب دانست. این لاروهای بدشکل، حتی در صورت ادامه حیات، در مراحل تکوینی بعدی نیز می‌توانند میزان تولیدات لاروی را کاهش دهند و باعث زیان اقتصادی در پروسه تولید لارو، به علت کاهش بازماندگی، شوند. با توجه به اهمیت ویژگی‌های ریختی، به منزله شاخص‌های رشد

پرورشی ذکر شده است و چنین امکانی برای لاروهای فیل ماهی در شرایط پرورشی نیز پیش‌بینی می‌شود.

ناهنجاری قسمت سرپوش آبششی در لارو فیل ماهی تلف شده بالاترین میزان شیوع را داشت. بدشکلی‌های ناحیه سرپوش آبششی (یک یا دو طرفه) عمدتاً به واسطه بدشکلی استخوان سرپوش آبششی یا چین‌های پوستی این ناحیه حاصل می‌شود (Handwerker and Tava, 1994). این بدشکلی‌ها می‌تواند به علت آسیب‌های مکانیکی ناشی از جریان آب در مراحل اولیه لاروی رخ دهد که سبب تغییر در ساختار سرپوش آبششی و در مراحل بعدی سبب ناهنجاری‌های استخوانی سرپوش آبششی می‌شود (Beraldo, 1998; Galeotti et al., 2000; Beraldo, 2003)؛ همچنین، با توجه به ویژگی تغذیه‌ای فیل ماهی در کسب غذا که بر اساس تغذیه مکشی استوار است می‌تواند سبب مشکل در تغذیه و تلفات شود.

خمیدگی و فشردگی ابتدای دم سبب تغییر در موقعیت باله پشتی می‌شود. علاوه بر این، فشردگی سرپوش آبششی به علت تغییر موقعیت سر نسبت به محور افقی بدن نیز سبب تغییر موقعیت باله پشتی شده است. حرکات ساقه دم به همراه فعالیت باله‌های دم و پشتی دو نیروی اصلی در شنای لارو ماهیان برای صید غذای زنده است و این نوع بدشکلی احتمالاً در لارو دارای کیسه زرده می‌تواند به علت شرایط محیطی بروز کند و در مرحله شروع تغذیه فعال سبب بروز تلفات شود (Koumoundouros et al., 1997).

بخش دیگری از تلفات مشاهده شده در لاروهای



### تقدیر و تشکر

از همکاری صمیمانهٔ مسئولان و کارشناسان محترم انستیتو تحقیقاتی بین‌المللی ماهیان خاویاری دکتر دادمان و راهنمایی‌های دلسوزانه و بی‌دریغ دکتر یزدانی و مهندس پوردهقانی سپاسگزاریم.

و تغذیه‌ای لاروماهیان در مراحل اولیهٔ زندگی، پایش متوالی این شاخص‌ها در کل دورهٔ تفریخگاهی برای حفظ استاندارد کیفی لاروها در سطحی مناسب اهمیت بالایی دارد ( Koumoundouros *et al.*, 2001; Jafari *et al.*, 2009). با توجه به مشخص نبودن دلایل بروز انواع بدشکلی، مطالعات آتی برای درک علل بدشکلی توصیه می‌شود.

## References

- [1]. Adriaens, D., Aerts, P., Verraes, W. 2001. Ontogenetic shift in mouth opening mechanisms in a catfish (Clariidae, Siluriformes): a response to increasing functional demands. *Journal of Morphology* 247, 197-216.
- [2]. Balon, E.K., 1986. Types of feeding in the ontogeny of fishes and the life-history model. *Environmental Biology of Fishes* 16, 11-24.
- [3]. Beraldo, P., 1998. Relazione tra nutrizione e qualita` in larve di Teleostei marini, con particolare riferimento all'orata (*Sparus aurata* L.). Tesi di Dottorato. Universita` degli Studi di Udine, Italia, 149 pp.
- [4]. Beraldo, P., Pinosa, M., Tibaldi, E., Canavese, B., 2003. Abnormalities of the operculum in Gilthead Sea bream (*Sparus aurata*): morphological description. *Aquaculture* 220, 89-99.
- [5]. Barahona-Fernandes, M., 1979. Some effects of light intensity and photoperiod on the sea bass larvae (*Dicentrarchus labrax* (L.)) reared at the Centre Oceanologique de Bretagne. *Aquaculture* 17, 311-321.
- [6]. Bookstein, F.L., 1996. Landmark methods for forms without landmarks: localizing group differences in outline shape. In: Workshop on Mathematical Methods in Biomedical Image Analysis. IEEE, pp. 279-289.
- [7]. Bronzi, P., Rosenthal, H., Arati, G., Williot, P. 1999. A brief overview on the status and prospects of sturgeon farming in western and central Europe. *Journal of Applied Ichthyology* 15, 224-227.
- [8]. Cobcroft, J.M., Battaglione, S.C. 2009. Jaw malformation in striped trumpeter *Latris lineata* larvae linked to walling behaviour and tank colour. *Aquaculture* 289, 274-282.
- [9]. Ellis, T., Howell, B.R.M., Hayes, J. 1997. Morphological differences between wild and hatchery-reared turbot. *Journal of Fish Biology* 50, 1124-1128.
- [10]. Galeotti, M., Beraldo, P., de Dominis, S., D'Angelo, L., Ballestrazzi, R., Musetti, R., Pizzolito, S., Pinosa, M., 2000. A preliminary histological and ultrastructural study of opercular anomalies in gilthead sea bream larvae (*Sparus aurata*). *Fish Physiology and Biochemistry* 22, 151-157.
- [11]. Galis, F., Terlouw, A., Osse, J.W.M., 1994. The relation between morphology and behaviour during ontogenetic and evolutionary changes. *Journal of Fish Biology* 45, 13-26.
- [12]. Gavaia, P.J., Dinis, M.T., Cancela, M.L., 2002. Osteological development and abnormalities of the vertebral column and caudal skeleton in larval and juvenile stages of hatchery-reared Senegal sole (*Solea senegalensis*). *Aquaculture* 211, 305-323.
- [13]. Gisbert, E., Merino, G., Muguet, J.B., Bush, D., Piedrahita, R.H., Conklin, D.E. 2002. Morphological development and allometric growth patterns in hatchery reared California halibut larvae. *Journal of Fish Biology* 61, 1217-1229.
- [14]. Handwerker, T.S., Tave, D., 1994. Semioperculum: a nonheritable deformity in Mozambique Tilapia. *Journal of Aquatic Animal Health* 6, 85-88.

- [15]. Hou, J.L., Zhuang, P., Zhang, L.Z., Feng, L., Zhang, T., Liu, J.Y., Feng, G.P., 2011. Morphological deformities and recovery, accumulation and elimination of lead in body tissues of Chinese sturgeon, *Acipenser sinensis*, early life stages: a laboratory study. *Journal of Applied Ichthyology* 27, 514–519.
- [16]. Jafari, M., Kamarudin, M.S., Saad, C.R., Arshad, A., Oryan, S., Bahmani, M., 2009. Development of Morphology in Hatchery-Reared *Rutilus Frisii Kutum* Larvae. *European Journal of Scientific Research* 38, 296-305.
- [17]. Keast, A., Webb, D., 1966. Mouth and body form relative to feeding ecology in the fish fauna of a small lake, Lake Opinicon, Ontario *Journal of Fisheries Research Bd. Can.* 23, 1845-1874.
- [18]. Kihara, M., Ogata, S., Kawano, N., Kubota, I., Yamaguchi, R., 2002. Lordosis induction in juvenile red sea bream, *Pagrus major*, by high swimming activity. *Aquaculture* 212, 149-158.
- [19]. Koumoundouros, G., Divanach, P., Kentouri, M., 2001. The effect of rearing conditions on development of saddleback syndrome and caudal fin deformities in *Dentex dentex* (L.). *Aquaculture* 200, 285-304.
- [20]. Koumoundouros, G., Maingot, E., Divanach, P., Kentouri, M., 2002. Kyphosis in reared sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.): ontogeny and effects on mortality. *Aquaculture* 209, 49-58.
- [21]. Koumoundouros, G., Oran, G., Divanach, P., Stefanakis, S., Kentouri, M., 1997. The opercular complex deformity in intensive gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) larviculture. Moment of apparition and description. *Aquaculture* 156, 165-177.
- [22]. McFadzen, I.R., Lowe, D.M., Coombs, S.H., 1994. Histological changes in starved turbot larvae (*Schophthalmus maximus*) quantified by digital image analysis. *Journal of Fish Biology* 44, 255-262.
- [23]. Mitteroecker, P., Gunz, P., 2009. Advances in geometric morphometrics. *Evolutionary Biology* 36, 235-247.
- [24]. Mohseni, M., Pourkazemi, M., Mojazi Amiri, B., Kazemi, R., Kaladkova, L.N., 2000. A Study on the Effects of Stocking Density of Eggs and Larvae on the Survival and Frequency of Morphological Deformities in Persian Sturgeon, Great sturgeon and Stellate Sturgeon. *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 2, 75-90.
- [25]. Morrison, C.M., MacDonald, C.A., 1995. Normal and abnormal jaw development of the yolk-sac larva of Atlantic halibut *Hippoglossus hippoglossus*. *Dis. aquat. Org* 22, 173-184.
- [26]. Oozeki, Y., Hwang, P.-P., Hirano, R., 1992. Larval development of the Japanese whiting, *Sillago japonica*. *Japanese Journal of Ichthyology* 39, 59-66.
- [27]. Orton, G.L., 1953. The systematics of vertebrate larvae. *Systematic Zoology* 2, 63-75.
- [28]. Rohlf, F.J., 2001. Comparative methods for the analysis of continuous variables: geometric interpretations. *Evolution* 55, 2143-2160.
- [29]. Scharf, F.S., Juanes, F., Rountree, R.A., 2000. Predator size–prey size relationships of marine fish predators: interspecific variation and effects of ontogeny and body size on trophic niche breadth. *Marin Ecology Progress Ser* 208, 229–248.