

## توسعه‌ی ریختی و الگوهای رشد آلومتریکی در ماهی سوف معمولی (*Sander lucioperca*) پرورش یافته در تفریخگاه در مراحل اولیه‌ی تکوین

محمدرضا صحرائیان<sup>۱</sup>، سهیل ایگدری<sup>۲\*</sup>، قدیر قربان زاده<sup>۳</sup> و اسحاق رسولی<sup>۴</sup>

### چکیده

الگوی رشد آلومتریکی در مراحل اولیه‌ی تکوین، یکی از ویژگی‌های ماهیان استخوانی می‌باشد. این الگوها، گویای استراتژی لارو هرگونه ماهی استخوانی، از جمله ماهی سوف معمولی، برای رسیدن به حداکثر بازماندگی در زیستگاه خود است. از اینرو تحقیق حاضر، با هدف بررسی الگوهای رشد آلومتریکی ماهی سوف معمولی (*Sander lucioperca*) تا روز ۲۴ بعد از تخم‌گذاری به اجرا درآمد. نتایج نشان داد که دوره‌ی رشد لارو ماهی سوف می‌تواند به سه مرحله تقسیم شود. در مرحله‌ی اول در طول کلی برابر با ۵-۴/۲۳ میلی‌متر، الگوهای رشد پهنای ساقه دم، ارتفاع سر، طول پوزه، قطر چشم و طول دم، دارای آلومتریکی مثبت با نقطه‌ی عطف در ۳۶ ساعت بعد از تخم‌گذاری بودند. در مرحله‌ی دوم ( $LT=5-9/4$  mm) طول سر دارای الگوی رشد آلومتریکی مثبت و طول تنه آلومتریکی منفی با نقطه‌ی عطف در ۱۸۸ ساعت بعد از تخم‌گذاری بود. در مرحله‌ی سوم نیز با طول کل ۹/۴ الی ۳۰ میلی‌متر، الگوی رشد حدوداً ایزومتریکی بود. همچنین نتایج حاکی از آن است که توسعه‌ی ساختارهای مورد بررسی، براساس اولویت و اهمیت آنها بوده و مربوط به اندام‌های حسی، تغذیه‌ای و شناگری می‌باشد. با توجه به اهمیت دوره‌ی رشد لاروی در قبل از تغذیه‌ی خارجی، بهینه بودن فاکتورهای فیزیکی‌شیمیایی آب و تأمین نیاز غذایی می‌تواند در دستیابی به لارو باکیفیت و بازماندگی براساس یافته‌های این تحقیق مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: لارو، آلومتریکی، ایزومتریکی، سوف معمولی، *Sander lucioperca*

۱. دانشجوی دکتری تکثیر پرورش آبزیان، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۲. نویسنده مسئول: استادیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران Soheil.eagderi@ut.ac.ir

۳. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۴. کارشناس مرکز پرورش و بازسازی ذخایر ماهیان دریایی شادروان یوسف‌پور

## ۱. مقدمه

در مقایسه با دوره‌ی جوانی و بلوغ، مراحل اولیه‌ی زندگی در ماهیان، دارای فراز و نشیب‌های بحرانی متعددی است که موفقیت یا شکست نسبی موجود، وابسته به رویارویی با بسیاری از عوامل محیطی و غیرمحیطی در این دوره می‌باشد (Orton, 1955; Lauder *et al.*, 1989). در این دوره، تغییرات فراوانی از جمله شکل بدن، متابولیسم، توانایی شنا و الگوی رفتاری در لاروها مشاهده می‌گردد (Osse *et al.*, 1997). هرگونه تغییر در شکل بدن ماهی در این دوره، به ایجاد ویژگی‌های ریختی و در نتیجه الگوی رشد آلومتریک منجر می‌گردد که با اولویت‌های موجود جهت ایفای نقش در محیط سازگار می‌باشد (Osse *et al.*, 1997; van Snik *et al.*, 1997) و به عبارت دیگر در مراحل اولیه‌ی تکوین لاروی برخی اندام‌ها به نسبت دارای رشد سریع‌تری بوده که برای بقای لارو در شرایط محیط طبیعی لازم می‌باشد.

مجموعه اطلاعات حاصله از تغییرات رشدی می‌تواند بازخورد مهمی برای مراکز تکثیر پرورش داشته باشد؛ زیرا بیشترین بحران در مراحل اولیه‌ی تکوین، در دوران تغذیه از کیسه زرده، زمان تخلیه‌ی آن و مرحله‌ی تغییر فاز از تغذیه‌ی داخلی به تغذیه‌ی خارجی است که بایستی در لارو به سرعت طی شود (Surlemont and Vandewalle, 1991; Galis *et al.*, 1994). شرایط نامطلوب تأثیرگذار می‌تواند سبب نقصان ساختاری شده و در نتیجه بر روی بدشکلی و بازماندگی لارو مؤثر باشد (Gisbert *et al.*, 2002). برای مثال کاهش غذا، سبب کاهش یا توقف رشد در دوران بعد از تخلیه‌ی کیسه زرده در بسیاری از لارو ماهیان استخوانی می‌گردد.

پرورش ماهی از طریق مقایسه‌ی اطلاعات جاری با مجموعه اطلاعات پایه می‌تواند نقاط ضعف را رصد کرده و برای حل آنها اقدام نمایند. (Blaxter, 1969; Surlemont and Vandewalle, 1991; Oozeki *et al.*, 1992; Yada and Furukawa, 1999). مراکز تکثیر

از اینرو پژوهش حاضر، با هدف بررسی الگوی رشد آلومتریک گونه‌ی سوف معمولی (*Sander lucioperca*) در مراحل اولیه‌ی تکوین لاروی منتهی به جوانی به اجرا درآمد. نتایج این تحقیق، با ارائه‌ی اطلاعات پایه در مورد ویژگی‌های رشد این گونه ماهی، می‌تواند به درک بهتر ویژگی‌های زیست‌شناختی و سازگاری‌های اکولوژیکی و در نتیجه به استانداردسازی سیستم‌های پرورشی (از قبیل اصلاح شرایط محیطی، تغذیه و رقم‌بندی) دوره‌ی لاروی ماهی سوف در طی مراحل اولیه‌ی تکوین لاروی در فرآیند بازسازی ذخایر آن کمک نماید.

## ۲. مواد و روش‌ها

مولدین ماهی سوف، از صیادان محلی که از سواحل دریای خزر در استان گیلان صید کرده بودند، خریداری شده و سپس به مجتمع بازسازی ذخایر آبزیان شهید یوسف‌پور (استان گیلان-شهر سنگر) انتقال داده شدند. مولدین بعد از تزریق هیپوفیز، در استخرهای خاکی برای تکثیر نیمه‌مصنوعی رهاسازی گردیدند و سپس لانه‌های حاوی تخم آنها به مخازن بتونی دایره‌ای درون تفریخگاه منتقل گردید؛ در شرایطی که آب تانکرها از رودخانه‌ی سفیدرود تأمین می‌گردید، دمای متوسط فضای سرپوشیده‌ی تفریخگاه در حدود ۲۲ درجه‌ی سانتیگراد و میانگین دمای آب با توجه به شرایط آب و هوایی از ۲۴ تا ۲۸ درجه متغیر بود و میانگین دمایی در کل دوره‌ی پرورشی ۲۵ درجه‌ی سانتیگراد بود. همچنین میانگین pH در حدود ۸/۱ و میانگین میزان اکسیژن اشباع ۷/۴ بود. تخم‌ها بعد از ۶ روز تفریخ شدند و نمونه‌برداری از لاروها بلافاصله پس از تفریخ آغاز گردید. تغذیه‌ی لاروها در دوره‌ی پرورش، از شروع تغذیه‌ی فعال (از روز دوم پس از تفریخ) با استفاده از روتیفر آب شیرین به همراه ناپلی آرتمیا فرانسیسکانا چهار بار در روز انجام شد و از روز پانزدهم پس از تخم‌گشایی تا پایان آزمایش، تغذیه با دو بار در روز توسط آرتمیا و دافنی انجام گرفت. رژیم نوری نیز در دوره‌ی پرورش ۱۲:۱۲ روشنایی و تاریکی بود. برای بررسی الگوهای رشد آلومتریک در زمان‌های ۰، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۶۰، ۷۲، ۹۶، ۱۴۴، ۱۹۲، ۲۴۰، ۲۸۸، ۳۳۶، ۴۳۲ و ۵۷۶ ساعت بعد از تخم‌گشایی به صورت تصادفی به تعداد ۱۰ لارو نمونه‌برداری انجام شد که پس از بیهوشی با محلول گل میخک به صورت تازه، از سمت چپ لاروها با استفاده از لوپ و Copystand مجهز به دوربین دیجیتال Canon با قدرت تفکیک ۵ مگاپیکسل عکس‌برداری گردید. برای کنتراست بیشتر و مشاهده‌ی وضعیت تکوین باله‌ها، نمونه‌ها توسط رنگ تولوئیدین بلو به نسبت ۱:۱ با آب، رنگ‌آمیزی شدند. برای محاسبه‌ی دقیق میانگین وزن یک لارو، از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم

به روش وزنی (تعداد در گرم) استفاده شد. اندازه‌گیری طول کل (LT)، طول تنه (LTR)، طول دم (LTA)، طول سر (LH)، ارتفاع بدن (DB)، پهناى ساقه دمى (DCP)، ارتفاع سر (DH)، قطر چشم (ED) و طول پوزه (LSN) توسط نرم‌افزار (ImageJ Version 1.240) از روی تصاویر دوبعدی تهیه شده مورد سنجش قرار گرفتند.

الگوی رشد آلومتری بصورت تابع توانی طول کل با استفاده از داده‌های تغییر نیافته در فرمول  $Y = aX^b$  اندازه‌گیری شد که در آن  $Y$  بعنوان متغیر مستقل،  $X$  بعنوان متغیر وابسته،  $a$  عرض/از مبدأ (intercept) و  $b$  ضریب رشد تعریف گردید. در این روش، ضریب رشد کمتر از ۱ نشانگر الگوی رشد آلومتری منفی، ضریب رشد بیشتر از ۱ نشانگر الگوی رشد آلومتری مثبت و ضریب رشد برابر ۱ بیانگر الگوی رشد ایزومتريک خواهد بود. در رابطه‌ی طول کل با وزن،  $b=3$  بیانگر رشد ایزومتريک،  $b>3$  نشان‌دهنده‌ی رشد آلومتری مثبت و  $b<3$  بیانگر رشد آلومتری منفی می‌باشد. نقاط عطف (Inflexion points) منحنی‌های رشد، براساس روش van Snik و همکاران (۱۹۹۷) تعیین شد. در این روش، ابتدائاً لگاریتم هر یک از داده‌های متغیر وابسته با متغیر مستقل طول کل (X-Y) همراه گردید. رگرسیون نمائی حاصله از حداقل لگاریتم رشد هر یک از اندام‌ها تا حداکثر رشد در مقابل حداکثر رشد لگاریتمی هر اندام تا حداقل رشد مرتب‌سازی می‌شود. رگرسیون داده‌های طول حداقل  $Lt_{min}$  تا داده‌های  $Lt_{intermediate}$  را با داده‌های  $Lt_{max}$  توسط t-Test آزمون شد. در این بین، حداکثر مقدار t-Test حاصل برای داده‌های  $Lt_{intermediate}$  به عنوان نقطه‌ی عطف در نظر گرفته شد. در این مطالعه، به دلیل با اهمیت بودن زمان جذب کیسه‌ی زرده، به صورت قراردادی مراحل اولیه‌ی تکوین به دو مرحله‌ی قبل و بعد از تخلیه‌ی زرده تقسیم گردید. برای مقایسه‌ی شدت رگرسیون نیز از  $I^2$  یا ضریب تغییرات استفاده شد (Sokal and Rohlf, 1995). نرخ‌های رشد منطقه‌ای نیز توسط مدل Huxley براساس روش Fuiman (۱۹۸۳) انجام گردید. همچنین آنالیز داده‌ها در مایکروسافت اکسل ۲۰۰۷ و نرم افزار SPSS نسخه‌ی ۱۹ انجام پذیرفت.

### ۳. نتایج

در زمان تفریخ، لاروها دارای وزن تر اولیه حدود ۰/۵ میلی‌گرم و طول کل (LT)  $0/21 \pm 4/23$  با یک کیسه زرده‌ی بیضی بودند. در این هنگام، در لاروها علاوه بر باله‌ی سینه‌ای، چین اولیه‌ی باله‌ی پشتی و مخرجی در قسمت پشت و اطراف نوتوکورد قابل مشاهده بود. اگرچه در زمان تفریخ، چشم‌ها بدون رنگدانه بودند اما با افزایش سن، شدت رنگدانه چشم افزایش یافت به طوری که رنگدانه‌های چشم در ۳۶ ساعت پس از تفریخ، کاملاً توسعه یافته بودند. در ساعت ۳۶ بعد از تخم‌گشایی، میانگین طول بدن  $0/31 \pm 4/6$  میلی‌متر ثبت گردید و شکاف آبشش نیز در برخی از لاروها و دهان در تعداد کمی از ماهیان باز شده بود. ۴۸ ساعت پس از تخم‌گشایی، لاروها به طول کل  $0/17 \pm 4/99$  میلی‌متر رسیده بودند و بیشتر لاروها دارای دهانی باز بودند که این امر می‌تواند شاخصی برای شروع تغذیه‌ی خارجی محسوب گردد. شکاف آبششی لاروها در این زمان کاملاً توسعه یافته و دو الی سه کمان آبششی بخوبی قابل مشاهده بود. همچنین در این زمان، توسعه‌ی رنگدانه‌های بدن از ناحیه‌ی پایین باله دمى و ناحیه‌ی مخرجی به سمت دستگاه گوارش و کیسه زرده‌ی جذب در حال گسترش بود و با کاهش حجم کیسه زرده، توسعه‌ی رنگدانه‌ها به سمت سر و خط جانبی افزایش می‌یافت.

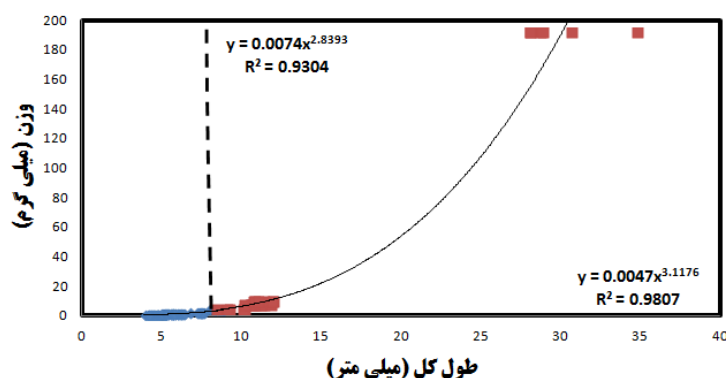
در ۹۶ ساعت بعد از تخم‌گشایی ( $0/19 \pm 5/64$ ) دستگاه گوارش در محل کیسه زرده توسعه یافته بود. ۱۴۴ ساعت پس از تخم‌گشایی نیز کیسه زرده در بیشتر لاروها کاملاً جذب شده و رنگدانه‌ها در سرتاسر بدن به صورت لکه‌هایی پراکنده در ناحیه‌ی زیر خط جانبی، بالای دستگاه گوارش و پشت باله سینه‌ای به سمت دم به صورت خط ممتد توسعه یافته بودند. در این زمان، دستگاه گوارش کاملاً جایگزین کیسه زرده شده و محتوی مقدار زیادی غذا بود. همچنین در نمونه‌های این دوره، دندان‌های رشدیافته و نوک‌تیز قابل مشاهده بودند. در نمونه‌های ۱۹۲ ساعت بعد از تخم‌گشایی، رشته‌های آبششی کاملاً متمایز شده بودند؛ در عین حال باله‌های پشتی و مخرجی هنوز بصورت اولیه از میانه‌ی بدن تا ناحیه‌ی دمى امتداد داشتند. در ۲۴۰ ساعت پس از تخم‌گشایی، اولین شعاع‌های باله دمى نمایان بودند و باله‌های پشتی دوم و باله‌ی مخرجی در مقابل هم در حال شکل‌گیری بودند. در نمونه‌های ۳۳۶ ساعت بعد از تخم‌گشایی، شعاع‌های باله دمى کاملاً توسعه پیدا کرده و در باله‌های پشتی دوم و دمى در حال توسعه بودند و همچنین جوانه‌های باله‌ی شکمی در این مرحله قابل مشاهده بودند. در این هنگام،

توسعه‌ی شعاع در باله‌ی سینه‌ای کندتر انجام می‌پذیرفت. در ۵۷۶ ساعت بعد از تخم‌گذاری (۲۴ روز) توسعه در تمام اندام‌ها و ارگان‌های ماهی سوف معمولی انجام شده و ماهی به مرحله‌ی نوجوانی رسیده بود و شکل مینیاتوری والدین خود را داشت. با توجه به الگوی رشد آلومتری، بخش‌های مختلف بدن شامل طول تنه (LTR)، طول دم (LTA)، طول سر (LH)، پهنا‌ی ساقه دم (DCP)، ارتفاع سر (DH)، قطر چشم (ED) و طول پوزه (LSN) قبل از کیسه زرده، بجز در ناحیه‌ی طول تنه (LTR) آلومتری مثبت بود (جدول ۱). ضریب رشد اندام‌هایی مانند طول سر، طول پوزه و ساقه دم فاحش بود. در این دوره، رشد طول تنه، کمترین ضریب رشد را داشت ( $b=0/4$ ). در مرحله‌ی بعد از جذب کیسه زرده، الگوی رشد تقریباً در تمامی اندام‌ها بجز قطر چشم ایزومتریک بود ( $b=1$ ) (جدول ۱).

جدول ۱. exponential:  $y = \alpha X^b$  (ضریب رشد (شیب  $b$ ) و (عرض از مبدا  $\alpha$ ) و (ضریب تغییرات  $R^2$ ) در ماهی سوف معمولی (*Sander lucioperca*).

فاکتورهای ریختی مورد سنجش	قبل از کیسه زرده			بعد از کیسه زرده		
	$R^2$	$\alpha$	$B$	$R^2$	$\alpha$	$b$
طول سر	۰/۹۳۱۶	۰/۰۱۳۸	۲/۴۰۰۳	۰/۹۶۸۹	۰/۱۷۰۶	۱/۱۱۴۵
طول تنه	۰/۴۷۶۸	۰/۹۲۳۷	۰/۴۰۲۵	۰/۹۵۸۷	۰/۳۳۸۵	۰/۹۲۳۴
طول دم	۰/۹۴۶۱	۰/۴۴۰۲	۰/۰۹۷۸	۰/۸۹۷۲	۰/۵۵۶۶	۰/۹۶۲۸
پوزه	۰/۷۹۸	۰/۰۰۱۶	۲/۷۹۳۶	۰/۹۳۰۶	۰/۰۴	۱/۱۵۲۵
ساقه دم	۰/۶۹۹۴	۰/۰۰۳۵	۲/۳۶۱۱	۰/۹۷۱۱	۰/۲۹۲	۱/۳۱۵۴
قطر چشم	۰/۸۶۸۸	۰/۰۲۶۲	۱/۵۵۴	۰/۹۴۰۲	۰/۱۰۴۴	۰/۸۵۰۳
ارتفاع سر	۰/۸۵۶۴	۰/۰۴۶	۱/۶۰۰۴	۰/۹۵۵۹	۰/۱۲۲۵	۱/۰۸۴۵

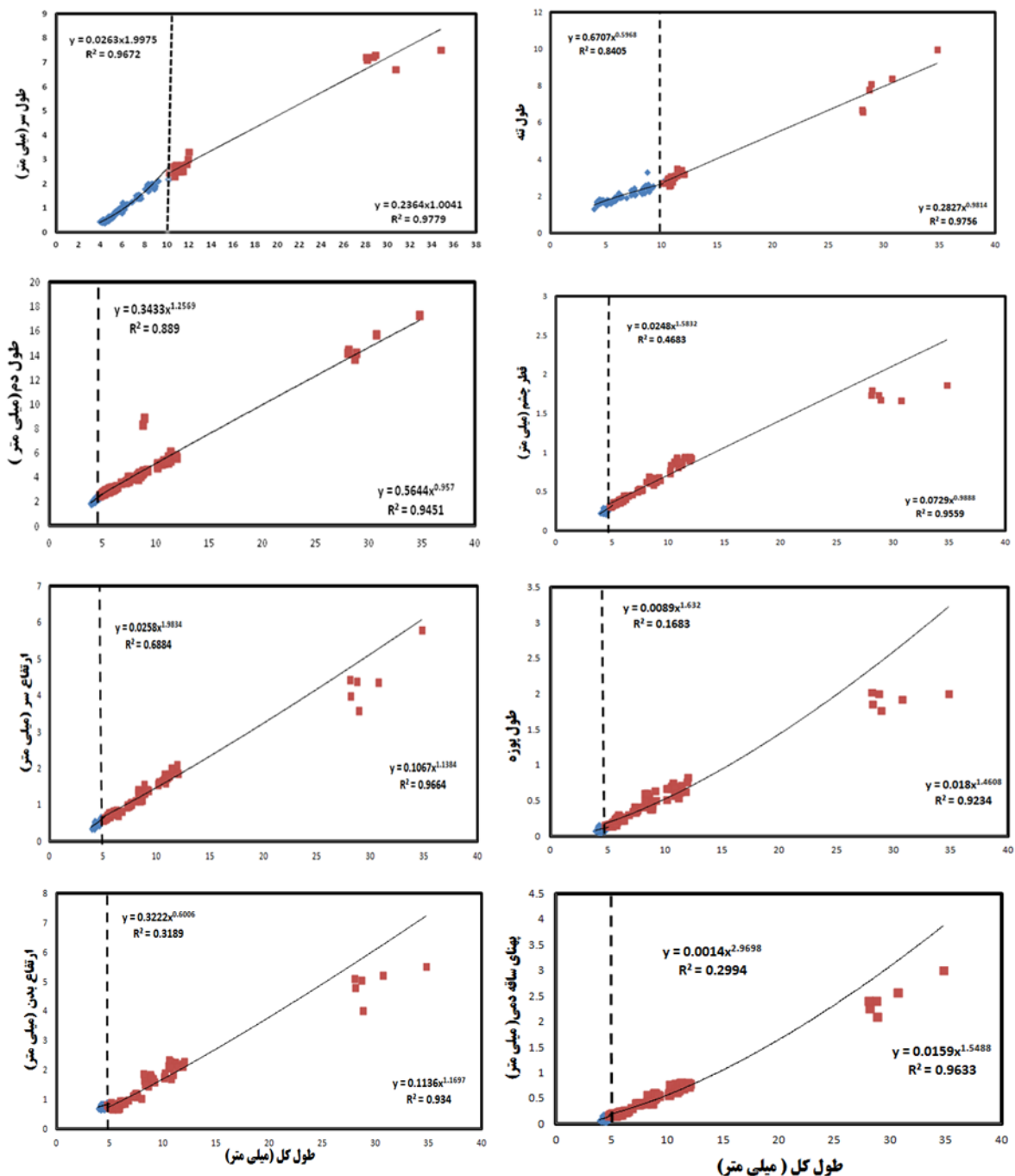
همانطور که شکل (۱) نشان می‌دهد، الگوی رشد وزنی (BW) ماهی سوف معمولی در مراحل اولیه‌ی تکوین دارای دو فاز با یک نقطه‌ی عطف در ۲۴۰ ساعت بعد از تخم‌گذاری ( $LT = 8/56 \text{ mm}$ ) بود که در فاز اول، الگوی رشد آلومتری منفی ( $b=2/84$ ) و در فاز دوم، تقریباً ایزومتریک ( $b = 3/11$ ) بود (شکل ۱).



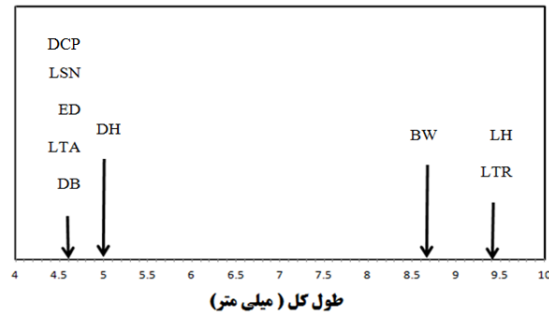
شکل ۱. الگوی رشد آلومتری و ارتباط وزن تر و طول کل ماهی سوف معمولی (*Sander lucioperca*) از روز صفر تا ۲۴ پس از تفریخ (نقطه‌چین بیانگر نقطه‌ی عطف می‌باشد)

براساس شکل (۲) الگوهای رشد آلومتریک طول دم، قطر چشم، ارتفاع بدن، طول پوزه و پهنا‌ی ساقه دم، همگی دو فازی با یک نقطه‌ی عطف در ۳۶ ساعت بعد از تخم‌گذاری ( $LT = 4/61 \text{ mm}$ ) بودند. در فاز اول الگوی رشد، طول دم ( $b=1/25$ )، قطر چشم ( $b=1/58$ )، طول پوزه ( $b=1/6$ ) و پهنا‌ی ساقه دم ( $b=2/96$ ) آلومتری مثبت و ارتفاع بدن ( $b=0/60$ ) آلومتری منفی محاسبه

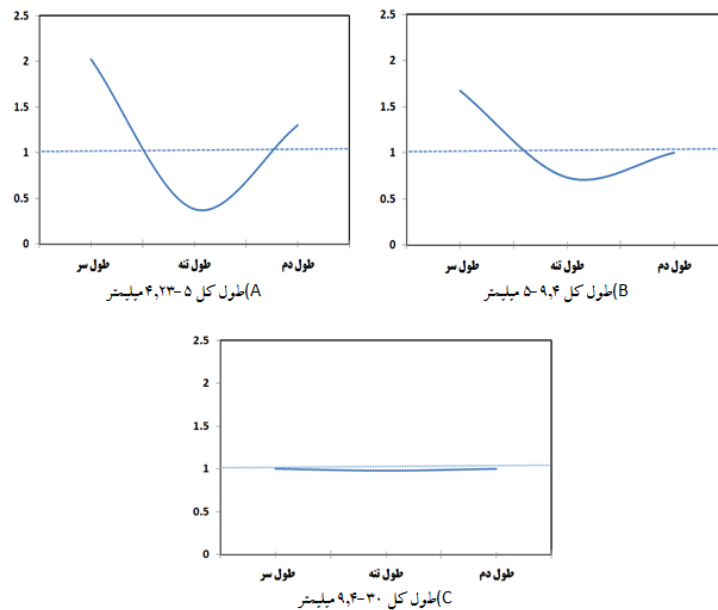
گردیدند. در فاز دوم الگوی رشد، در تمام بخش‌های مورد بررسی بجز طول پوزه و پهناى ساقه دمى، حدوداً ایزومترىک به‌دست آمد (شکل ۲). در این فاز رشدى، طول پوزه ( $b=1/46$ ) و پهناى ساقه دمى ( $b=1/5$ ) داراى الگوی رشد آلومترىک مثبت بودند. نقطه‌ى عطف ارتفاع سر (DH) در ساعت ۴۸ بعد از تفریخ ( $LT = 4/99$  mm) با الگوی رشد آلومترىک مثبت ( $b=1/98$ ) در فاز اول و نزدیک به ایزومترىک ( $b=1/13$ ) در فاز دوم محاسبه گردید. الگوی رشد طول سر (LH) و طول تنه (LTR) نیز دو فازى با نقاط عطف در ساعت ۲۸۸ پس از تفریخ بود ( $LT=9/4$  mm). در فاز اول، رشد طول سر داراى الگوی رشد آلومترىک مثبت ( $b=1/99$ ) و طول تنه داراى رشد آلومترىک منفى ( $b=0/16$ ) بود (شکل ۲). در فاز دوم نیز طول سر ( $b=1/100$ ) و طول تنه ( $b=1/98$ ) داراى الگوی رشد ایزومترىک بود.



شکل ۲. الگوهای رشد آلومترىک اندام‌هاى مختلف نسبت به طول کل در ماهى سوف معمولى (*Sander lucioperca*) از روز صفر تا ۲۴ پس از تفریخ (نقطه‌چین بیانگر نقطه عطف در هر ویژگی می‌باشد).



شکل ۳. طول‌های کل در هریک از نقاط عطف رشد ویژگی‌های مورد مطالعه در ماهی سوف معمولی (*Sander lucioperca*) در طی مراحل اولیه‌ی تکوین، طول تنه (LTR)، طول سر (LH)، وزن بدن (BW)، ارتفاع سر (DH)، پهنای ساقه دم (DCP)، طول پوزه (LSN)، قطر چشم (ED)، طول دم (LTA) و ارتفاع بدن (DB).



شکل ۴. نرخ‌های رشد منطقه‌ای در نواحی سر، تنه و دم در ماهی سوف معمولی (*Sander lucioperca*) (براساس مدل Huxley).

#### ۴. بحث و نتیجه گیری

همانطور که نتایج نشان داد ماهیان سوف معمولی، همچون بیشتر ماهیان استخوانی، در هنگام تخم‌گذاری به صورت لارو غیرتوسعه یافته تفریخ می‌شوند و در طی مراحل اولیه‌ی تکوین، تغییرات فراوانی در شکل بدن آنها مشاهده می‌گردد (Gisbert et al., 2002) تا هنگامی که به مرحله‌ی جوانی برسند. در این مرحله، اگرچه نرخ رشد، بیشتر از مراحل جوانی و بلوغ می‌باشد (Pedersen, 1997)، اما توسعه‌ی تمامی اندام‌ها به صورت همزمان و با یک سرعت رخ نمی‌دهد (Osse et al., 1997) که این امر، به موجود این امکان را می‌دهد که با اولویت‌بندی توسعه‌ی ارگان‌های ضروری، امکان بازماندگی خود را قوت بخشد (Osse and van den Boogaart, 1995, 1999).

در ماهی سوف معمولی، توسعه‌ی شعاع‌های باله دم در ۲۸۸ ساعت بعد از تخم‌گذاری همزمان با نقطه‌ی عطف در الگوی رشد طول و ارتفاع سر بود. Gisbert (۱۹۹۹) بیان نمود که این وضعیت رشدی در ساختار باله دم در ماهیان استخوانی عالی، سبب تبدیل الگوی شنای مارماهی فرم به کارانژی فرم می‌گردد. در ماهیان غضروفی - استخوانی نیز تغییر الگوی شنا در هنگام ایجاد شعاع‌های باله دم رخ می‌دهد (Osse, 1990). همچنین تغییر الگوی رشد از آلومتریک مثبت طول و ارتفاع سر به سمت ایزومتریک، تأییدکننده‌ی تغییر الگوی شنا در این گونه می‌تواند باشد.

بررسی الگوهای رشد در مرحله‌ی قبل از جذب کیسه زرده و نقطه‌ی عطف نشان داد که حداکثر ضریب رشد در این دوره، مربوط به طول پوزه و سر بود. در کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) نیز مشاهده شد که افزایش اندازه‌های مرتبط با سر می‌تواند در توسعه‌ی حفره‌ی دهانی مؤثر باشد که به نوبه‌ی خود ظرفیت شکارگری و تنفسی را افزایش داده و منشأ تأمین انرژی برای رشد بیشتر می‌گردد (Mathias and Li, 1982; Osse *et al.*, 1997; Gisbert *et al.*, 2001). بنابراین با استناد به نتایج پژوهش حاضر می‌توان گفت که در مراحل اولیه‌ی رشد، بخصوص قبل از جذب کیسه زرده، توسعه‌ی کامل سر می‌تواند از لحاظ تغذیه برای موجود حائز اهمیت باشد. تکامل رنگدانه‌های چشم و توسعه‌ی دندان‌ها در این دوره نیز این امر را تأیید می‌نماید. همچنین Gisbert و همکاران (۲۰۰۲) توسعه‌ی سریع سر و پوزه را با توسعه‌ی دستگاه سیستم‌های حسی شامل اندام‌های بینایی، بویایی و تنفسی در ماهیان مرتبط دانسته‌اند. در این مطالعه، شکاف آبششی از ۳۶ ساعت بعد از تخم‌گذاری در برخی از لاروها، آغاز و ۴۸ ساعت بعد از تخم‌گذاری در تمام لاروها کاملاً مشهود بود. توسعه‌ی آبشش‌ها به لارو این امکان را می‌دهد که تنفس را از حالت پوستی که با رشد بدن کارایی کمتری پیدا می‌کند، به تنفس آبششی که کارایی بالاتری دارد، تغییر دهد که در تهویه‌ی بهتر و بالا رفتن قدرت شنا مؤثر می‌باشد (Gisbert *et al.*, 2002).

در این مطالعه، مشاهده گردید که چشم، در مراحل اولیه‌ی تکوین دارای ضریب رشد بالایی بوده و الگوی رشد آن دارای یک نقطه‌ی عطف در ساعت ۳۶ بعد از تفریح می‌باشد. به عبارت دیگر، الگوی رشد چشم تا نقطه‌ی عطف، آلومتریک مثبت، و پس از آن ایزومتریک می‌باشد. Wainwright & Packard (۱۹۷۴) معتقدند که رشد آلومتریک مثبت چشم در مراحل اولیه‌ی زندگی، بیانگر رشد و توسعه‌ی مغز می‌باشد که خود، یک شاخص مهم برای توسعه‌ی اعصاب و ساختارهای حسی است که به موجود امکان دریافت تحریکات نوری را داده و سبب شناسایی زئوپلانکتون‌ها در محیط زیست توسط ماهی می‌شود و قدرت شکارگری موجود را افزایش می‌دهد (Ben Khemis *et al.*, 2012; Gisbert and Doroshov, 2006).

همچنین در مراحل اولیه‌ی رشد ماهی سوف معمولی، طول و ارتفاع تنه دارای ضریب رشد پایین بودند که این امر، در کنار رشد بیشتر طول سر و دم می‌تواند بیانگر شکل‌گیری یک حالت هیدرودینامیکی دوکی شکل در ماهی باشد (Hunt von Herbing, 2001). ارتفاع ساقه دم، قبل و بعد از جذب کیسه زرده، دارای ضریب رشد بالایی بود که این امر می‌تواند سبب افزایش سرعت شنا و در نتیجه در انجام شکار و فرار از خطر مؤثر باشد و نیز سبب افزایش رشد و بازماندگی در زیستگاه می‌گردد (Hunt von Herbing, 2001). چنین الگویی (بیشتر بودن رشد قسمت‌های پیشین و پسین ماهی در مقابل ناحیه‌ی شکمی) در دیگر گونه‌ها نیز گزارش شده است (Osse and van den Boogart, 1995).

براساس الگوهای رشد آلومتریک، ماهی سوف معمولی در طی ۲۴ روز از مرحله‌ی لاروی به مرحله‌ی نوجوانی، سه بازه زمانی تغییرات ریختی را تجربه می‌کند. بازه اول در طول ۵-۴/۲۳ میلیمتر یعنی طی ۴۸ ساعت اول زندگی بود. در این دوره، ماهی، تغییرات سریعی را در رشد اندام‌هایی مانند طول دم، قطر چشم، ارتفاع بدن، طول پوزه، پهنا‌ی ساقه دم و همچنین توسعه‌ی رنگدانه‌های بدن دارد. این تغییرات، بیانگر اهمیت رشد سریع در این مرحله‌ی حساس زیستی می‌باشد و از آنجایی که این اتفاقات، پیش از باز شدن دهان و شروع تغذیه‌ی خارجی می‌باشد، می‌توان چنین استنباط کرد که تنظیم فاکتورهای فیزیوشیمیایی در این برهه‌ی زیستی در سیستم‌های پرورشی می‌تواند در بازماندگی و سلامت لاروها مؤثر باشد. بازه دوم مربوط به طول ۵ تا ۹/۵ میلیمتر می‌باشد که در آن سر و تنه تا ۱۲ روزگی به روند توسعه‌ی خود ادامه می‌دهند (در این دوره، طول سر دارای رشد آلومتریک مثبت و تنه‌ی ماهی دارای رشد آلومتریک منفی می‌باشد). این نکته، حاکی از توانایی و پتانسیل لارو در تنظیم شکل بدن برای افزایش شناگری می‌باشد. در این دوره، نسبت تغییرات طول به وزن از حالت آلومتریک منفی به ایزومتریک تغییر می‌یابد و نشان‌دهنده‌ی آن است که لارو تا قبل از رسیدن به این مرحله حداکثر توان خود را در تخصیص انرژی برای توسعه و تمایز اندام‌ها با مصرف کیسه زرده انجام می‌دهد (Ben Khemis *et al.*, 2012). بازه سوم رشد، مربوط به طول ۹/۵ تا ۳۰ میلیمتر می‌باشد که در آن بیشتر ساختارهای مورد بررسی دارای الگوی رشد ایزومتریک بودند (بجز طول پوزه که دارای رشد ایزومتریک آلومتریک مثبت می‌باشد). این الگوی رشد، در واقع یک الگوی معمول برای مراحل نوجوانی و جوانی ماهی‌ها می‌باشد (Fuiman, 1983). این مرحله، به عنوان مرحله‌ی پایان دگردیسی ماهیان در نظر گرفته می‌شود (Ben Khemis *et al.*, 2012). از آنجایی که الگوی رشد وزن نیز در این مرحله وارد فاز ایزومتریک شده است، این وضعیت

می‌تواند نمایانگر تأکید موجود بر روی توسعه‌ی ماهیچه‌های سفید و قرمز برای بالا بردن توان و کارایی خود باشد (Muller and van Leeuwen, 2006).

می‌توان نتیجه گرفت که ریخت‌زایی و تمایز ماهی سوف معمولی (*Sander lucioperca*) در مراحل اولیه‌ی تکوین، با شدت بالایی به‌وقوع می‌پیوندد. در این مرحله بجز وزن و تنه، سایر بخش‌ها رشد سریع را تجربه می‌کنند. طول تنه نیز پس از گذر از یک دوره با الگوی آلومتریکی منفی، به ایزومتریکی تغییر می‌یابد. بکارگیری نتایج این تحقیق براساس زمان‌های وقوع تغییرات ریختی می‌تواند به توسعه‌ی پرورش آن کمک نماید؛ به‌عنوان مثال در مطالعات قبلی، شروع تغذیه‌ی فعال این‌گونه، روز ششم پس از تخم‌گذاری گزارش شده بود (منصوری طایی و همکاران، ۱۳۹۱)؛ اما در مطالعه‌ی حاضر با توجه به بالاتر بودن درجه‌ی حرارت محیط پرورش از روز دوم، دهان باز شده بود که این امر می‌تواند بعنوان شروع تغذیه‌ی فعال ذکر شود و این زمان، با توسعه‌ی رنگدانه‌های چشم و باز شدن شکاف آبششی نیز همزمان بود. از این‌رو در برنامه‌ریزی‌های پرورشی ماهی سوف معمولی مد نظر قرار دادن الگوی رشد و نقاط عطف ارائه شده‌ی این تحقیق می‌تواند به افزایش کیفیت و بالا رفتن میزان بازماندگی لاروها در زیستگاه کمک نماید.

## منابع

۱. منصوری طایی، ح.، اورجی، ح.، رحمانی، ح.، ایرج‌پناه، ع.ف.، نعمت‌زاده، م. ۱۳۹۱. تعیین زمان بهینه‌ی استفاده از غذای مصنوعی در پرورش لارو ماهی سوف معمولی (*Sander lucioperca*). نشریه شیلات، ۳۲۵-۳۱۷: (۳) ۱۶.
2. Ben Khemis, I., Gisbert, E., Alcaraz, C., Zouiten, D., Besbes, B., Zouiten, A., Slaheddine Masmoudi, A., Cahu, Ch. (2012). Allometric growth patterns and development in larvae and juveniles of thick-lipped grey mullet *Chelon labrosus* reared in mesocosm conditions. *Aquaculture Research*, 1-17.
3. **Blaxter, J.H.S. (1969)**. Development: eggs and larvae. In *Fish Physiology*, Vol. 3 (Hoar W. S. & Randall, D. J., eds), pp. 177-252. New York, NY: Academic Press.
4. **Fuiman, L.A. (1983)**. Growth gradients in fish larvae. *Journal of Fish Biology*, 23: 117-123.
5. **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.
6. **Gisbert, E., (1999)**. Early development and allometric growth patterns in Siberian sturgeon and their ecological significance. *Journal of Fish Biology*, 54: 852-862.
7. **Gisbert, E., Cech J.J., Doroshov, S.I. (2001)**. Routine metabolism of larval green sturgeon (*Acipenser medirostris* Ayres). *Fish Physiology and Biochemistry*, 25: 195- 200.
8. **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.
9. **Gisbert, E., Doroshov, S.I. (2006)**. Allometric growth in green sturgeon larvae. *Journal of Applied Ichthyology*, 22: 202-207.
10. **Hunt von Herbing, I.H. (2001)**. Development of feeding structures in larval fish with different life histories: winter flounder and Atlantic cod. *Journal of Fish Biology*, 59: 767-782.
11. **Lauder, G.V., Crompton, A.W., Gans, C., Hanken, J., Liem, K.F., Maier, W.P., Meyer, A., Presley, R., Rieppel, O.C., Roth, G., Schluter, D., Zweers, G.A. (1989)**. Group report: how are feeding systems integrated and how have evolutionary innovations been introduced? In *Complex Organismal Functions: Integration and Evolution in Vertebrates* (Wake, D.B. & Roth, G., eds), pp. 97-115. New York: Wiley & Sons.

12. **Mathias, J.A., Li, S. (1982).** Feeding habits of walleye larvae and juveniles: comparative laboratory and field studies. *Transactions of the American Fisheries Society*, 111: 722–735.
13. **Muller U.K., van Leeuwen J.L. (2006).** Undulatory fish swimming: from muscles to flow. *Fish and Fisheries*, 7: 84–103.
14. **Oozeki, Y., Hwang, P.-P., Hirano, R. (1992).** Larval development of the Japanese whiting, *Sillago japonica*. *Japanese Journal of Ichthyology*, 39: 59–66.
15. **Orton, G.L. (1955).** Some aspects of ecology and ontogeny in the fishes and amphibians. *The American Naturalist*, 89: 193–203.
16. **Osse, J.W.M. (1990).** Form changes in fish larvae in relation to changing demands of function. *Netherlands Journal of Zoology*, 40: 362–385.
17. **Osse J.V.M., van den Boogaart J.G.M. (1995).** Fish larvae, development, allometric growth, and aquatic environment. *ICES Marine Science Symposia 201*: 21–34.
18. **Osse, J.W.M., van den Boogaart, J.G.M. (1999).** Dynamic morphology of fish larvae, structural implications of friction forces in swimming, feeding and ventilation. *Journal of Fish Biology*, 55: 156–174.
19. **Osse, J.W.M., van den Boogaart, J.G.M., van Snik, G.M.J., van der Sluys, L. (1997).** Priorities during early growth of fish larvae. *Aquaculture*, 155: 249-258.
20. **Packard, A., Wainwright, A.W. (1974).** Brain growth of young herring and trout. In: *The Early Life History of Fish* (ed. by J.H.S. Blaxter), pp. 499–507. Springer-Verlag, Berlin, Germany.
21. **Pedersen, B.H. (1997).** The cost of growth in young fish larvae, a review of new hypotheses. *Aquaculture*, 155: 259-269.
22. **Sokal, R.R., Rohlf, F.J. (1995).** *Biometry: the Principles and Practice of Statistics in Biological Research*. New York: W.H. Freeman and Company.
23. **Surlemont, C., Vandewalle, P. (1991).** Developpement postembryonnaire du squelette et de la musculature de la tete de *Clarias gariepinus* (Pisces, Siluriformes) depuis l'eclosion jusqu'a` 6,8 mm. *Canadian Journal of Zoology*, 69: 1094–1103.
24. **van Snik, G.M.J., Van Den Boogaart, J.G.M., Osse, J.W.M. (1997).** Larval growth patterns in *Cyprinus carpio* and *Clarias gariepinus* with attention to the finfold. *Journal of Fish Biology*, 50: 1339–1352.
25. **Yada, O., Furukawa, A. (1999).** Relationship between external and internal morphological changes and feeding habits in the fry stage of Japanese catfish *Silurus asotus*. *UJNR Technical Report*, 28: 157–162.

**Development of morphology and allometric growth patterns in hatchery-reared Pikeperch (*Sander lucioperca*) during the early development**

**M. R. Sahraein<sup>1</sup>, S. Eagderi<sup>2\*</sup>, Gh. Ghorbanzadeh<sup>3</sup> and E. Rasooli<sup>4</sup>**

**Abstract**

Allometric growth pattern is a characteristic of teleost fishes during their early development. These patterns can reflect the strategy of a fish to obtain a maximum survival rate in their habitats. Hence, this study was conducted to investigate the allometric growth pattern of pikeperch, *Sander lucioperca*, from hatching upto 24 day after hatch (DAH). There were three phases during the early development in hatchery-reared Pikeperch. During the first phase (LT=4.23-5 mm) depth of caudal peduncle, head depth, snout length, eye diameter and tail length had a positive allometric growth pattern with the inflexion points at 36 hour after hatch (HAH). In the second phase (LT=5-9.4 mm), the head length and trunk length had positive and negative allometric growth pattern with an inflexion points at 188 HAH, respectively. Finally, during the third phase (LT=9.4-30 mm), almost all organs had isometric growth pattern. The results showed that the development in Pikeperch is occurred based on their importance and priority being related to sense organs, feeding apparatus and swimming ability. Based on the importance of larval development in aquaculture, optimizing physicochemical parameters and providing appropriate food according to our findings can help producing high quality larvae and increase their survival rate.

**Keywords:** Larvae, Allometric, Isometric, Pikeperch, *Sander lucioperca*

---

<sup>1</sup>. Ph.D student of fisheries. Faculty of Natural Resources, University of Tehran

<sup>2</sup>. **Corresponding author**; Assistant Professor of fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran; Soheil.eagderi@ut.ac.ir

<sup>3</sup>. M.Sc. graduate student, of fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran

<sup>4</sup>. Expert of propagation and rebuilding stocks of yosfpoor center