فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی و تکوین جانوری
شماره پیاپی ۳۳، جلد ۹، شماره ۲، بهار ۹۵، صفحه ۱۳ تا ۲۲

مطالعه الگوهای رشد آلومتریک و توسعه خصوصیات ریختی ماهی سیم معمولی(*Abramis brama*) در طی مراحل اولیه تکوین تحت شرایط پرورشی

محمدرضا صحرائیان[۱]،سهیل ایگدری[۱]، آرش زیبایی[۲]،غلامرضا رفیعی[۱]،رضا خمیرانی[۳]
۱-گروه شیلات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.soheil.eagderi@ut.ac.ir
۲-گروه گیاه پزشکی دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
۳-مرکز پرورش و بازسازی ذخایر ماهیان شهید انصاری، رشت، ایران.

تاریخ دریافت:۹٤/۱۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۵/۲/۱۰

چکیده

زمینه و هدف: تکوین اولیه و آلومتری رشد یک ویژگی معمول در لارو ماهیان می باشد که اولویت‌های آن ها جهت افزایش بازماندگی و سازگاری با شرایط محیطی مرتبط است. از این جهت این تحقیق با هدف بررسی الگوی‌های رشد آلومتریک و تغییرات ریخت ظاهری ماهی سیم معمولی(*Abramis brama*) در مراحل اولیه تکوین از زمان تخم‌گشایی تا ٦۰ روز پس از آن تحت شرایط پرورشی به اجرا در آمده است.

روش کار: برای این منظور لارو ماهی سیم به مدت دو ماه تا رسیدن به مرحله بچه ماهی پرورش داده و نمونه های لاروی به تعداد ۳۰ عدد در هر مرحله از زمان تفریخ تا ٦۰ روز پس از تفریخ نمونه‌برداری شدند. داده‌های ریخت سنجی مورد مطالعه نیز از روی تصاویر دو بعدی گرفته شده از نمونه ها توسط نرم‌افزار ImageJ استخراج و الگوی رشد آلومتری به‌صورت تابع توانی طول کل با استفاده از داده های تغییر نیافته در فرمول $Y=aX^b$ اندازه گیری گردید.

یافته ها: نتایج این تحقیق نشان داد که مراحل اولیه تکوین لارو ماهی سیم معمولی براساس الگوهای رشد آلومتری و توسعه ساختارهای ریختی به چهار مرحله قابل تقسیم است. مرحله I یا لاروی از زمان تفریخ تا ٦ روز بعد از آن می‌باشد و در این دوره نقاط عطف طول دم در روز پنجم و عمق سر و بدن در روز ٦ بعد از تفریخ به وقوع می‌پیوندد. مرحله II یا مرحله پست لاروی ازروزششم تا هیجدهم بعد از تفریخ ادامه دارد و در این دوره نقاط عطف شاخص وزن بدن در روز یازدهم بعد از تفریخ، طول سر و قطر چشم در روز چهاردهم بعد از تفریخ و عمق ساقه دمی در روز هیجدهم بعد از تفریخ می‌باشد. مرحله III یا پیش جوانی که از روز هیجدهم بعد از تفریخ تا سی و پنجم روز بعد از آن ادامه دارد و در این دوره نقاط عطف طول پوزه و طول تنه به ترتیب در روزهای بیست و پنجم و سی و پنجم بعد از تفریخ به وقوع می‌پیوندد. مرحله IV یا نوجوانی نیز از سی و پنجم روز بعد از تفریخ تا آخر دوره پرورش ادامه داشت و ماهی‌ها شکل مینیاتوری ماهیان بالغ را به‌دست می‌آورند.

نتیجه گیری: بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، اولویت ماهی سیم در مراحل اولیه تکوین شامل توسعه قابلیت شنا، ساختارهای تنفسی، حسی و سپس ساختارهای تغذیه‌ای می‌باشد که احتمالاً با جابجایی بوم‌شناختی این گونه تطابق دارد.

واژه های کلیدی: فردزایی، رشد، کپورماهیان، ریخت سنجی.

مقدمه

ماهی سیم معمولی(*Abramis brama*) از خانواده کپورماهیان و جنس Abramis، با میانگین طول ۳۲ سانتی‌متر برای جنس ماده و ۲۷/۵ سانتی‌متر برای جنس نر و حداکثر وزن ۱۷۰۰ گرم از گونه‌های بومی حوضه آبریز دریای خزر می‌باشد. این گونه در اواخر فروردین و اوائل اردیبهشت برای تولیدمثل به رودخانه‌ها و مناطق کم عمق حاوی گیاهان آبزی وارد می‌شود. هم اکنون صید و پرورش این گونه در کشورهای آسیایی و شرق اروپا انجام می‌گردد. بر اساس گزارش سازمان خاویار جهانی، میزان صید جهانی این گونه ۱۰۰-۶۰ هزار تن و میزان تولید جهانی آن از طریق آبزی‌پروری حدود ۱۰۰۰ تن گزارش شده است(۸). اما در ایران به دلایل متعددی

از جمله، صید بی‌رویه، از بین رفتن مکان‌های تخم ریزی و ورود سموم و آفت‌کش‌های کشاورزی و صنعتی به زیستگاه‌های این ماهی، ذخایر این گونه دچار صدمات زیادی گردیده است. هر چند سازمان شیلات ایران سالانه میلیون‌ها قطعه بچه‌ماهی سیم معمولی(طی سال‌های ۱۳۸۱ الی ۱۳۹۱ بین ۱۶/۳ الی ۲۷ میلیون قطعه) را جهت بازسازی ذخایر، تولید و رهاسازی نموده است، ولی کماکان این گونه در لیست گونه‌های در معرض خطر در آب‌های داخلی ایران می‌باشد(۱). با توجه به امکان معرفی این گونه به استخرهای پرورشی ایران، این موضوع باب جدیدی را در زمینه امکان افزایش تولید و جلوگیری از انقراض این گونه را فراهم آورده است. البته این امر نیازمند شناخت ویژگی‌های زیستی این گونه به‌ویژه در دوران لاروی می‌باشد. در این ارتباط Russo و همکاران معتقدند که موفقیت و شکست در هر برنامه آبزی‌پروری در گرو وقایعی است که در دوران لاروی ماهی رخ می‌دهد(۲۳، ۲۲). اغلب سیستم‌های عملکردی ماهی‌ها در طی مراحل اولیه تکوین توسعه نیافته است و از این‌رو تغییرات ریخت‌شناسی در این مرحله بسیار سریع اتفاق می‌افتد(۱۹، ۱۲). این تغییرات در یک دوره زمانی کوتاه موجب تبدیل لاروهای تازه تفریخ شده به شکل بالغ و هم چنین افزایش میزان بقای آن‌ها در ارتباط با شرایط محیطی می‌شود(۱۱). این فرآیند سبب بروز فنوتیپ‌های جدیدتر به‌دلیل تغییر نسبت‌های رشدی ساختارهای ریختی مختلف که آلومتری خوانده می‌شود، می‌گردد. آلومتری بیان می‌کند که چگونه یک ویژگی ریختی موجود، نسبت به سایر ویژگی‌های ریختی و طول کل بدن تغییر می‌کند(۹). از این‌رو آلومتری بیان کننده تغییرات اندازه یک ساختار نسبت به کل بدن بوده و می‌تواند نشان‌دهنده تغییرات فردزایی در طی مراحل اولیه رشد و انعطاف‌پذیری ریختی در یک محیط خاص باشد(۲۱). به همین دلیل، شناخت این روند در طی مراحل اولیه تکوین، به‌عنوان یک مقیاس برای بررسی کیفیت مناسب لارو و بچه ماهیان پرورشی مورد استفاده قرار بگیرد(۱۰). باید اذعان داشت که این تغییرات به صورت تصادفی اتفاق نمی‌افتد، بلکه نیاز بوم‌شناختی خاصی را در موجود برآورده می‌سازد و شانس بقاء در محیط را افزایش می‌دهد(۲۴، ۱۹). افزایش آگاهی ما از تغییرات ریختی در مراحل اولیه تکوین گونه‌هایی جدید به‌منظور آبزی‌پروری یا بازسازی ذخایر، منجر به ارائه پروتکل‌هایی جهت بهینه کردن شرایط پرورشی آن‌ها خواهد شد و می‌تواند به طور معنی‌داری تولید لارو و بچه‌ماهی را افزایش دهد. از این‌رو مطالعه حاضر با هدف بررسی الگوی رشد آلومتریک گونه سیم-معمولی(*Abramis brama*) در مراحل اولیه تکوین لاروی از زمان تفریخ تا ۶۰ روز پس از آن به اجرا درآمد. دوره تکوین اولیه اکثر ماهیان آب‌شیرین ۴۰-۳۰ روز بیان شده است(۷، ۶)، از این‌رو نمونه‌برداری این تحقیق تا ۶۰ روز به‌منظور حصول کامل از پوشش دوران لاروی و رسیدن به مرحله بچه ماهی انجام گرفت. اطلاعات حاصل از این تحقیق می‌تواند سبب درک بهتر روند سازگاری‌های مربوط به رشد این گونه گردد و منجر به ارائه پروتکل‌هایی جهت بهینه کردن شرایط پرورشی آن ها شود.

مواد وروش ها

روش پرورش

این پروژه در اردیبهشت‌ماه سال ۱۳۹۳ یعنی در زمان تکثیر گونه سیم‌معمولی در مجتمع تکثیر و پرورش و بازسازی ذخایر شهید انصاری رشت انجام پذیرفت. به این منظور تعداد ۲۴ قطعه مولد ماده و نر(به نسبت مساوی و براساس صفات ثانویه جنسی شامل برآمدگی شکم، خارج شدن اسپرم و توبرکل‌های جنسی) از استخرهای پرورشی انتخاب و بعد از زیست‌سنجی به بخش تکثیر انتقال داده شدند. بعد از یک دوره

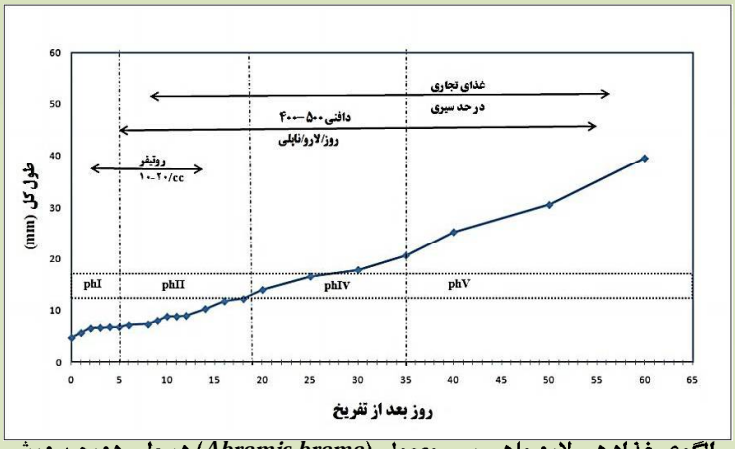
سازگاری، نسبت به تکثیر مصنوعی آن‌ها براساس این روش اقدام گردید(۳). تخم‌های حاصله بعد از لقاح(با نتیجه ۸۵ درصدی لقاح) به انکوباتورهای ویس منتقل شدند. بعد از گذشت تقریباً ۳/۵ روز در دمای ۲۱/۵ درجه سانتی گراد تخم‌ها تفریخ شدند. لاروهای تازه تفریخ شده به سه تانک فایبرگلاسی ۴ تنی منتقل و مورد پرورش قرار گرفتند. طی دوره پرورش فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب در چهار نوبت صبح، ظهر، عصر و شب اندازه‌گیری شدند. تغذیه لاروها در طول دوره پرورشی(در طی دو ماه دوره پرورش) در ۶ وعده در روز توسط روتیفر و ناپلی دافنی و غذای فرموله(جدول ۱) براساس نمودار ۱ صورت پذیرفت.

نمونه‌برداری و بررسی توسعه ویژگی‌های ریختی

برای بررسی الگوهای رشد آلومتریک در طی مراحل اولیه تکوین، تعداد ۳۰ عدد لارو در اول صبح و قبل از شروع تغذیه، در زمان‌های ۰، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۸، ۱۰، ۱۲، ۱۴، ۱۶، ۱۸، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ روز پس از تفریخ به‌صورت تصادفی نمونه‌برداری گردید(۷، ۶). پس از بیهوشی لاروها با استفاده از محلول پودری گل میخک، از سمت چپ آن‌ها با استفاده از استریومیکروسکوپ مجهز به دوربین دیجیتال(دوربین دیجیتال با قدرت تفکیک ۵ مگاپیکسل) عکس‌برداری شدند. برای وضوح بیشتر و مشاهده وضعیت تکوین باله-ها، نمونه‌ها توسط رنگ تولوئیدین بلو به نسبت ۱:۱ با آب رنگ آمیزی و روند تغییرات ریختی و تکوینی لاروها در مراحل اولیه رشد توسط استریومیکروسکوپ Laica در بزرگنمایی های مختلف بررسی و توصیف گردید. برای محاسبه دقیق میانگین وزن یک لارو از ترازوی دیجیتالی با دقت۰/۰۰۱ گرم به روش وزنی(تعداد در گرم) استفاده شد.

جدول ۱- نتایج آنالیز جیره غذایی لارو ماهی سیم معمولی(*Abramis brama*) در طی دوره پرورش

آنالیز جیره	میزان(٪)
رطوبت	۹
پروتئین خام	۳۹/۳۸
چربی خام	۱۳
خاکستر	۱۱/۴۲
فیبر خام	۱/۴۸
کربوهیدرات	۲۴/۱۵
انرژی خام(kcal/kg)	۴۴۸۹



نمودار ۱- الگوی غذادهی لارو ماهی سیم معمولی(*Abramis brama*) در طی دوره پرورشی دو ماهه

بررسی الگوی رشد

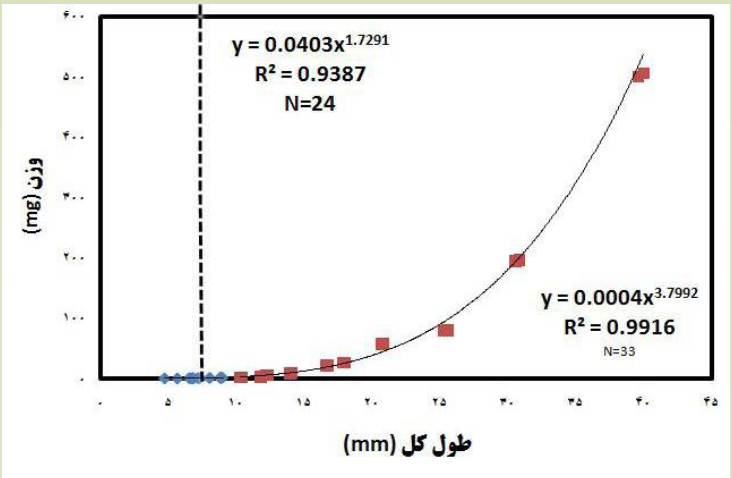
اندازه‌گیری ویژگی‌های ریخت‌سنجی نمونه‌ها شامل طول کل(LT)، طول تنه(LTR)، طول دم(LTA)، طول سر(LH)، عمق بدن(DB)، عمق ساقه دمی(DCP)، ارتفاع یا عمق سر(DH)، قطر چشم(ED) و طول پوزه(LSN) با استفاده از نرم‌افزار(ImageJ (Version 1.240 از روی تصاویر دو بعدی انجام و رشد آلومتری توسط فرمول $Y=ax^b$ اندازه‌گیری شد. در این فرمول Y به‌عنوان متغیر مستقل، x به‌عنوان متغیر وابسته، a عرض از مبدا(intercept) و b ضریب رشد است. در این فرمول b=۱ بیان گر رشد ایزومتریک، b<۱ نشان دهنده رشد آلومتری مثبت و b>۱ بیان گر رشد آلومتری منفی می‌باشد. در مورد داده‌های حجمی یعنی مدل وزن-طول، ضریب رشد وزنی b=۳ بیان گر رشد ایزومتریک، b>۳ نشان‌دهنده رشد آلومتری مثبت و b<۳ بیان گر رشد آلومتری منفی می‌باشد. نقاط عطف(Inflexion points) منحنی‌های رشد براساس روش van Snik و همکاران تعیین گردید(۲۶). به منظور نمایش تغییرات ریختی مهم براساس نقاط عطف رشد، این نقاط در طول کل در طی مراحل اولیه رشد نمایش داده و نرخ‌های رشد منطقه‌ای توسط مدل Huxley، انجام شد(۹). آنالیز داده ها در مایکروسافت اکسل ۲۰۰۷ و نرم‌افزارMinitab نسخه ۱۶ انجام پذیرفت.

نتایج

در طی دوران پرورش، میانگین دما ۱/۶۵ ± ۲۴/۷۲ درجه سانتی‌گراد، میانگینpH برابر ۰/۲ ± ۷/۵۹، میانگین شوری برابر ۰/۳ ± ۰/۸۷و میانگین اکسیژن محلول ۰/۸۵ ± ۵/۳۵ میلی‌گرم در لیتر ثبت گردید. در زمان تفریخ ،لارو ماهی‌های سیم معمولی دارای وزن‌تر اولیه ۰/۰۳± ۰/۶۵ میلی‌گرم و طول کل(LT) ۰/۲۴ ±۴/۶۶میلی‌متر بودند. الگوی رشد وزنی ماهی مورد مطالعه از زمان تفریخ تا ۶۰ روز پس از آن دارای آلومتری مثبت (b=۳/۳۴) بود(نمودار۲).

الگوی رشد

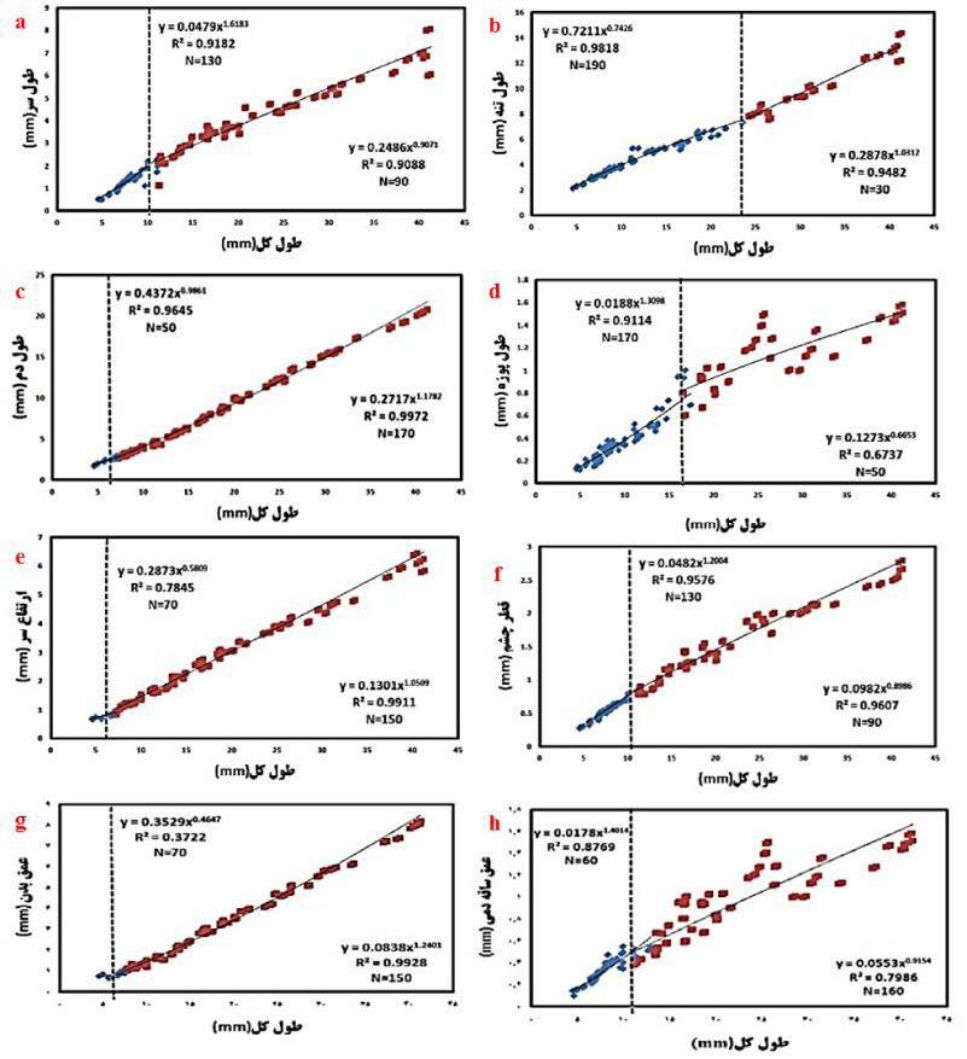
براساس نمودار ۲، الگوی رشد وزنی(BW) ماهی سیم‌معمولی در مراحل اولیه تکوین دارای دو مرحله با یک نقطه عطف در روز یازدهم بعد از تخم‌گشایی(mm LT=۸/۷۹±۰/۲۷) مشاهده شد که در مرحله اول الگوی رشد آلومتری مثبت(R^2=۰/۹۳ و b=۱/۷۲) و در مرحله دوم آلومتری مثبت(R^2=۰/۹۹ و b=۳/۷۹) بود. همبستگی این شاخص با طول کل زیاد و معنی‌دار (P ۰/۰۵) بود.



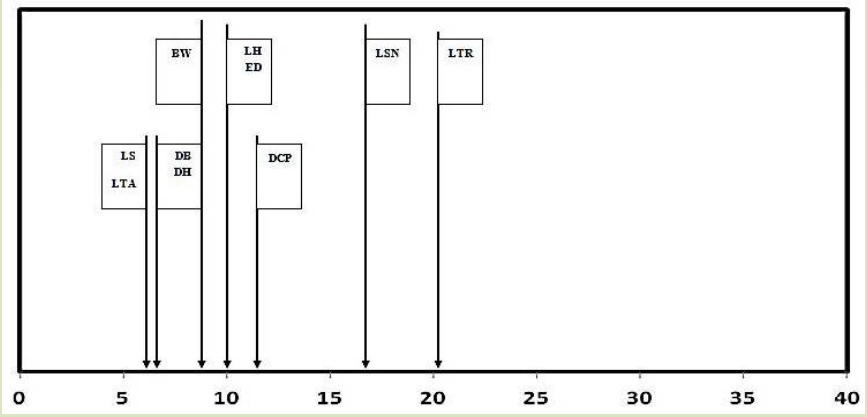
نمودار۲- ارتباط بین وزن‌تر و طول کل ماهی سیم‌معمولی(*Abramis brama*) در طی دو ماه تکوین اولیه

نقاط عطف دو شاخص طول سر و قطر چشم در روز چهاردهم بعد از تفریخ(LT=۱۰/۲۶±۰/۶۴ mm) و شاخص عمق ساقه دمی در روز هیجدهم بعد از تفریخ(LT=۱۲/۲۰±۰/۷۷ mm) بود. ضریب‌های رشد شاخص‌های طول سر، قطر چشم و عمق ساقه دمی در قبل از نقطه عطف به ترتیب ۱/۱۶، ۱/۲ و ۱/۴ بودند که بیان‌گر الگوی رشد آلومتری مثبت آن‌ها بود. هم چنین الگوهای رشد این شاخص‌ها در بعد از نقطه عطف به ترتیب ۰/۹، ۰/۸۹ و ۰/۹۱ بودند که بیان گر الگوی رشد آلومتری منفی آن‌ها می‌باشد. برخلاف عمق ساقه دمی، در قبل و بعد نقطه عطف، همبستگی طول سر(به ترتیب R^2 =۰/۹۱ و R^2=۰/۹۰) و قطر چشم(به ترتیب R^2 =۰/۹۹۶ و R^2=۰/۹۵) با طول کل معنی‌دار بود(P<۰/۰۵) (نمودار ۳a, f, h). نقاط عطف طول پوزه و طول تنه به ترتیب در روزهای بیست وپنجم(LT=۱۶/۵۶ mm) و سی و پنجم(LT=۲۰/۶۵ mm) بعد از تفریخ بودند. قبل از نقاط عطف، الگوی رشد شاخص طول پوزه آلومتری مثبت(b=۱/۳۳) و شاخص طول تنه آلومتری منفی(b=۰/۷۴) بود. بعد از نقطه عطف نیز الگوی رشد طول پوزه آلومتری منفی(b=۰/۶۶) و طول تنه ایزومتریک مثبت(b=۱/۰۳) می باشد. به‌جز طول پوزه در بعد از نقطه عطف(R^2=۰/۶۷)، طول پوزه در قبل از نقطه عطف (R^2=۰/۹۱) طول تنه در قبل و بعد از نقطه عطف همبستگی بالا(به ترتیب R^2 =۰/۹۴و R^2=۰/۹۸) و معنی-دار(P<۰/۰۵) با طول کل داشتند(نمودار ۳b, d). براساس نتایج، طول دم دارای یک نقطه عطف در روز پنجم بعد از تفریخ(LT=۶/۷۷±۰/۱۱ mm) می باشد. الگوی رشد دم قبل از نقطه عطف ایزومتریک (b=۰/۹۸) و در مرحله بعدی، آلومتری مثبت(b=۱/۱۷) بود. همبستگی این شاخص با طول کل در قبل و بعد از نقطه عطف بسیار بالا(به ترتیب R^2 =۰/۹۹و R^2=۰/۹۶) و معنی‌دار (P<۰/۰۵) بود(نمودار ۳c). براساس نتایج، دو شاخص عمق بدن و سر دارای یک نقطه عطف در روز ششم بعد از تفریخ(LT=۷/۱۲±۰/۲۲ mm) بودند. الگوی رشد قبل از نقطه عطف در هر دو شاخص عمق سر و بدن آلومتری منفی(به ترتیب b=۰/۵۸ و b=۰/۴۶) و بعد از نقطه عطف عمق بدن آلومتری مثبت(b=۱/۲۴) و ارتفاع سر ایزومتریک مثبت(b=۱/۰۵) بودند. همبستگی بین طول کل و دو شاخص عمق بدن و سر به‌جز در مرحله قبل از نقطه عطف بالا(به ترتیب R^2 =۰/۷۸ و R^2=۰/۳۷) و معنی‌دار(P<۰/۰۵) است(نمودار ۳e, g). براساس مجموع نقاط عطف شاخص‌های طولی(نمودار۴) که برآیند الگوهای رشد بخش‌های مختلف بدن ماهی سیم معمولی در مراحل اولیه تکوین می‌باشد، مراحل لاروی این گونه را می‌توان به چهار مرحله به شرح زیر تقسیم نمود:

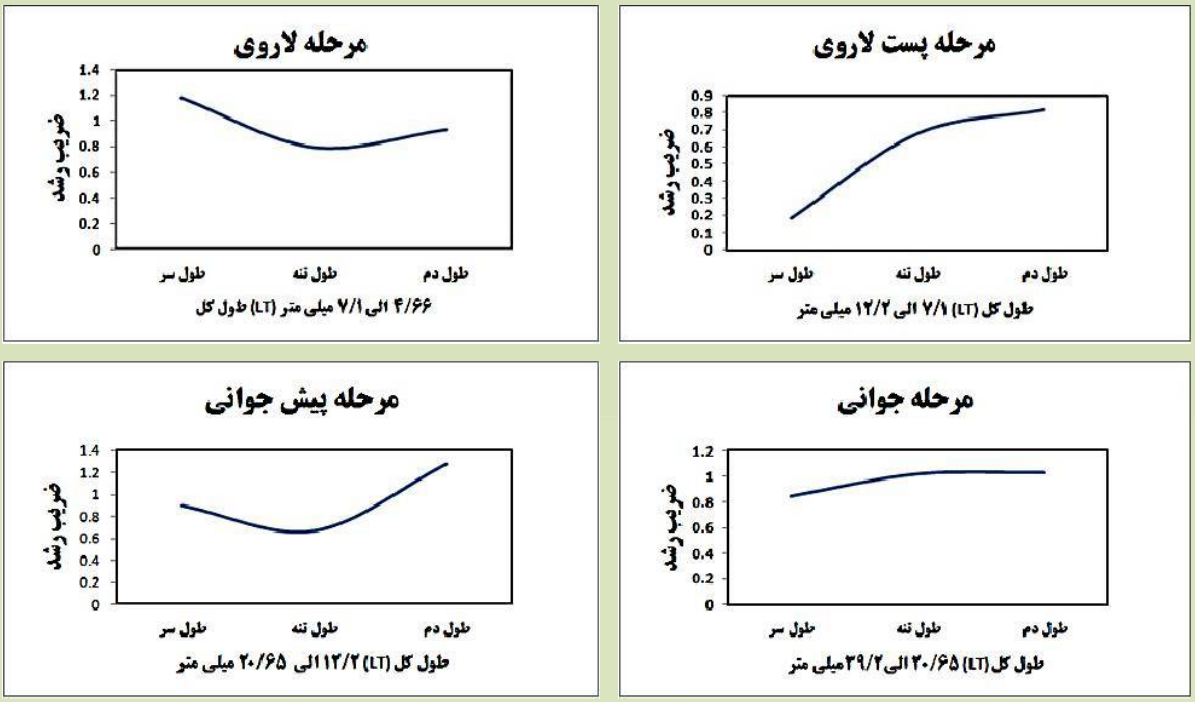
مرحله I یا لاروی(با طول کل ۴/۶۶ الی ۷/۱ میلی متر) از زمان تفریخ تا ۵ الی ۶ روز بعد از آن می‌باشد. در این مرحله باز شدن دهان و شکاف آبششی، شکل‌گیری کمان‌های آبششی، هواگیری کیسه شنا، باز شدن مخرج، توسعه رشته‌های آبششی، توسعه رنگدانه در بخش‌های مختلف بدن، شکل‌گیری کامل باله سینه‌ای و جذب کیسه زرده به‌وقوع می‌پیوندد(شکل ۱– 0D، 1D و 5D). در این دوره الگوی رشد سر آلومتری مثبت و دمی ایزومتریک و تنه آلومتری منفی بود(نمودار۵).



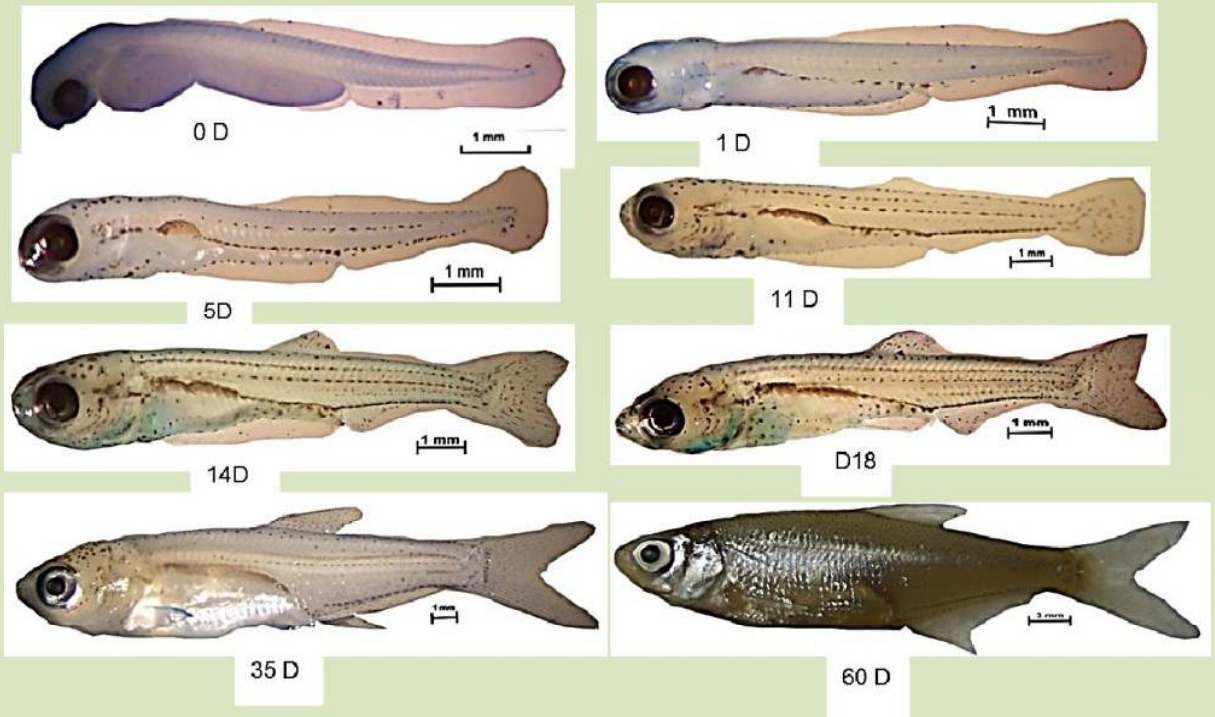
نمودار۳- الگوهای رشد آلومتری اندام های مختلف بدن نسبت به طول کل (LT) در ماهی سیم معمولی (*Abramis brama*) از زمان تخم گشایی تا ٦٠ روز پس از آن (خط چین ها، بیانگر نقطه عطف در هر ویژگی و اندازه‌ها براساس میلی‌متر می‌باشد).



نمودار ٤- نقاط عطف بخش‌های مختلف بدن بر روی طول کل در طی مراحل اولیه رشد در ماهی سیم معمولی (*Abramis brama*) از زمان تخم‌گشایی تا ٦٠ روز پس از آن.



نمودار ۵- نرخ های رشد منطقه‌ای در نواحی سر، تنه و دم در ماهی سیم معمولی (*Abramis brama*) براساس مدل Huxley).



شکل ۱- روند تغییرات ریختی در طی مراحل اولیه رشد ماهی سیم معمولی (*Abramis brama*) (مقیاس نمایانگر ۱ میلی متر است و اعداد بیانگر سن نمونه ها به روز بعد تفریخ می‌باشند. روزهای ۰، ۱ و ۵ D مرحله I؛ روزهای ۱۱، ۱٤ و ۱۸ مرحله II؛ روز ۳۵ D مرحله III و روز ٦۰D مرحله IV).

بحث و نتیجه‌گیری

در مراحل اولیه تکوین ماهی‌ها، کیسه زرده مواد و انرژی لازم برای توسعه اندام‌ها و حرکت لاروها را فراهم می‌کند. از این رو لارو ماهی‌ها قبل از جذب کیسه زرده و تخلیه کامل انرژی بایستی صلاحیت کافی برای جستجو و جذب غذا را کسب کنند (۲۵، ۱۶). براساس نتایج، در مرحله I یا لاروی اولین نقطه عطف در روزهای پنجم و ششم بعد از تفریخ در شاخص‌های طول دم، ارتفاع سر و ارتفاع بدن رخ می‌دهد(نمودار۳). الگوی رشد طول دم در قبل از نقطه عطف ایزومتریک و بعد از آن آلومتری مثبت بود. افزایش طول دم در کنار الگوی رشد آلومتری مثبت عمق ساقه دمی تا روز هیجدهم بعد از تفریخ نشان اهمیت تکوین این اندام می‌باشد. توسعه بخش خلفی در موجودات آبزی از این نظر که در یک محیط چگال‌تر نسبت به موجودات خشکی‌زی زندگی می‌کنند، می‌تواند بسیار حائز اهمیت باشد، چرا که این اندام امکان شنای سریع برای فرار از خطر شکار شدن و حرکت جهت یافتن غذا را فراهم می‌کند(۱۵،۱۳، ۴). هم چنین خمیدگی نوتوکورد(جهت توسعه باله دمی)از روز پنجم بعد از تفریخ آغاز می‌شود که می‌تواند برای شنای سریع مفید باشد و تایید کننده اهمیت توسعه قابلیت شنا در روز های اولیه تکوین باشد(۱۰). به علاوه توسعه شنای سریع می‌تواند به صید غذا کمک نماید چرا که گرسنگی عامل دوم در کاهش بازماندگی لارو ماهیان در مراحل اولیه تکوین می‌باشد(۴). تخلیه کیسه زرده و نیاز به انرژی سبب می‌گردد که لارو ماهی به توسعه اندام-هایی بپردازد که بتواند تغذیه خارجی را به نحو شایسته-تری انجام دهد. بنابراین سرعت بالای توسعه بخش دمی تا روز های پنجم الی ششم بعد از تفریخ که زمان منطبق با شروع تغذیه خارجی است، تائید کننده اولویت توسعه دم جهت افزایش قابلیت شنا در این ماهی تا روز ششم پس از تفریخ می‌تواند باشد. توسعه عمق سر در لارو ماهی سیم معمولی دارای الگوی رشد آلومتری منفی در قبل از نقطه عطف و سپس ایزومتریک بود(نمودار ۳). رشد کم عمق‌سر و بدن در کنار رشد سریع طول سر گویای رشد بیضی(دوکی شدن) شکل بدن این گونه می‌باشد که امکان کاهش میزان اصطکاک را در محیط چگال آبی را سبب می شود(۱۸). سرعت رشد عمق بدن قبل از نقطه عطف ایزومتریک و بعد از آن کاهش یافته و آلومتری منفی است که بیان‌گر اهمیت کمتر توسعه عمق بدن لارو ماهی سیم حداقل در روزهای اولیه تکوین می-باشد. اتفاق بسیار مهمی که در فاز اول رشد لارو ماهی سیم رخ می‌دهد، هواگیری کیسه شنا در روز سوم بعد از تفریخ می‌باشد. هواگیری کیسه شنا مرحله مهمی در توسعه لاروی محسوب می شود و به لارو این امکان را می‌دهد که شناوری خود را تنظیم کرده و شنای فعالی در ستون آب به‌خصوص در شروع تغذیه خارجی داشته باشد تا کارایی خود را برای شکار و فرار از خطر افزایش دهد(۵). در مرحله دوم لاروی، توسعه وزن تا روز ۱۱ بعد از تفریخ دارای رشد آلومتری منفی بود. دلائل عمده‌ی کاهش وزن در مرحله‌ی اول رشد نشان‌دهنده مصرف سریع کیسه زرده در جهت اندام‌زائی می‌باشد و این کاهش وزن می‌تواند در جهت افزایش قدرت شناوری در لاروی که ذخیره انرژی آن در حال کاهش است، مفید باشد. افزایش وزن ماهی بعد از روز عطف نیز می‌تواند ناشی از تغذیه مناسب و هم چنین توسعه ماهیچه ها در لارو محسوب شود که در نتایج مشاهده شده است(۷). در مرحله پست لاروی، دو اندام مهم یعنی طول سر و قطر چشم دارای نقاط عطف در روزهای چهاردهم بعد از تفریخ بودند. الگوی رشد این دو اندام قبل از نقطه عطف آلومتری مثبت و بعد از نقطه آلومتری منفی داشت. این که لارو ماهی سیم معمولی تا دو هفته بعد از تفریخ سرعت رشد این اندام‌ها را در بالاترین حد نگه می‌دارد نشان از اهمیت و اولویت بالای این اندام ها می-باشد. سر محل قرارگیری اندام تنفسی، تغذیه‌ای و حسی

می‌باشد، از این‌رو توسعه سر می‌تواند بازتابی از توسعه مغز و اندام‌های حسی مانند بینایی، بویایی و حتی چشایی، توسعه آبشش‌ها و ساختارهای مربوط به دریافت غذا (از جمله دهان و فکین) باشد. توسعه دهان امکان گرفتن غذاها با اندازه بزرگ تر را فراهم می‌کند و جذب غذا-های با اندازه بزرگتر می‌تواند در صرفه جویی و ذخیره انرژی موثرتر عمل کنند(۲۶، ۷). هم چنین نتایج مشخص نمود که در ماهی سیم معمولی رنگدانه‌های چشم در زمان تفریخ وجود دارند و به عبارتی دیگر رنگدانه‌های چشم در تمام رتینال‌های چشم موجود هستند که به مرور زمان نیز شدت می‌گیرد و بیان گر فعال بودن سلول‌های چشمی در زمان تفریخ می‌باشد(۱۱، ۶). از آن جایی که چشم در جهت‌یابی فضایی، تعیین محل شکار و توانایی شنا لازم و ضروری می‌باشد بنابراین کمک قابل توجه به لارو در مراحل اولیه زندگی می‌نماید(۲۰، ۱۴). در مرحله سوم یا پیش نوجوانی، نقاط عطف طول پوزه های و تنه به وقوع می‌پیوندند. توسعه پوزه از این جهت که محل قرار گرفتن اندام حسی بویایی است می‌تواند مهم باشد. براساس نتایج، الگوی رشد پوزه تا روز ۲۵(نقطه عطف) بعد از تفریخ آلومتری مثبت بود و سپس کاهش یافت. الگوی رشد طول تنه تا روز ۳۵ بعد از تفریخ آلومتری منفی و بعد از آن آلومتری مثبت بود. این نتیجه بیان گر اولویت کمتر توسعه طول تنه در مراحل اولیه تکوین تا زمان شروع مرحله نوجوانی ماهی است. نتایج پژوهش قربان زاده و همکاران در مورد گونه ماهی سفید(*Rutilus kutum*) نیز حاکی از وجود یک نقطه عطف در روز ۱۵ بعد از تفریخ با الگوهای مشابه ماهی سیم معمولی می-باشد(۲). توسعه رنگدانه‌های روی بدن تا انتهای دوره پیش نوجوانی در ماهی سیم معمولی در حال توسعه بود و در ناحیه فوقانی خط جانبی این توسعه بسیار بیشتر از ناحیه تحتانی آن بروز می نمود(شکل ۱). لارو بسیاری از ماهیان در زمان تفریخ فاقد و یا دارای تعداد کمی رنگدانه می‌باشند که با گذشت زمان بر میزان آن‌ها افزوده می‌شود(۱۷). وجود رنگدانه به‌خصوص در مورد گونه‌هایی که در مناطق کم‌عمق زندگی می‌کنند، می-تواند محافظی در برابر نور فرابنفش باشد(۱۷). هم چنین Maciel و همکاران بیان داشتند که رنگدانه‌ها بدن برای استتار لاروها در مراحل اولیه تکوین مفید می‌باشد و می‌تواند ریسک شکار شدن را به مقدار بسیار زیادی کاهش دهد(۱۵). در مرحله چهار یا نوجوانی، بچه‌ماهی سیم معمولی شکل مینیاتوری ماهی بالغ را دارد(شکل ۱). از آن جایی که ماهی سیم یک گونه رودکوچ می‌باشد، این مرحله زمانی برای مهاجرت به‌سمت توده آب بزرگ‌تر به حساب می‌آید و به‌عبارتی این گونه جابجایی اکولوژیکی خواهد داشت. در ایران، ماهیان نوجوان از رودخانه ها به سمت تالاب انزلی و حتی دریای خزر مهاجرت می‌کنند. نتایج بررسی الگوهای رشد ماهی سیم معمولی در طی دوره تکوین اولیه نشان داد، که اولویت ماهی سیم در مراحل اولیه تکوین توسعه قابلیت شنا و ساختارهای تنفسی و حسی موجود در سر می‌باشد که با شرایط اکولوژیکی محل تخم‌ریزی این گونه که غالباً مناطق کم عمق و بین گیاهان‌آبزی می‌باشد هم خوانی دارد چراکه در این مناطق اگرچه وفور غذا وجود دارد ولی به همان نسبت نیز وجود شکارچیان انتظار می‌رود و اولویت بعدی توسعه اندام‌های مرتبط با کسب غذا می-باشد.

منابع

۱–سالنامه آماری سازمان شیلات ایران. ۱۳۹۱. تهیه وتدوین :دفتر برنامه و بودجه، گروه آمار و مطالعات توسعه شیلات، شماره ۲۵۰. انتشارات سازمان شیلات ایران.

۲– قربان‌زاده، ق. ۱۳۹۱. بررسی آلومتری رشد و روند تغییرات شکلی و جیره غذایی در ماهی سفید براساس ریخت سنجی هندسی در طی مراحل اولیه تکوین. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران.

۳-قناعت پرست، ا. ۱۳۷۲. تکثیر ماهی سیم با استفاده از هورمون CPE,LRH-a. پایان نامه کارشناسی ارشد. شیلات دانشکده علوم فنون دریایی دانشگاه آزاد اسلامی تهران شمال.

4. Bailey, K. M., Houde, E. D. (1989). Predation on eggs and larvae of marine fishes and the recruitment problem. In Advances in Marine Biology (Blaxter, J. H. S. & Southward, A. J., eds.), 1-83.

5.Bjelland, R.M., Skiftesvik, A.B. (2006). Larval development in European hake (*Merluccius merluccius* L.) reared in a semi-intensive culture system. Aquaculture Research, 37; 1117-1129.

6.Bolker, J.A., Hill, C.R. (2000). Pigmentation development in hatchery-reared flatfishes. Journal of Fish Biology, 56; 1029–1052.

7.Çoban, D., Suzer,C., Yıldırım, S., Saka S., Firat, K. (2012). Morphological development and allometric growth of sharp snout sea bream (*Diplodus puntazzo*) larvae. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 12; 883-891.

8.FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Fisheries and Aquaculture Department;http://www.fao.org/fishery/species/2153/en.

9.Fuiman, L.A. (1983). Growth gradients in fish larvae. Journal of Fish Biology, 23; 117-123.

10. Gisbert, E. (1999). Early development and allometric growth patterns in Siberian sturgeon and their ecological significance. Journal of Fish Biology, 54; 852-862.

11. 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.

12. Gomes, B.V.C., Scarpelli, R.S., Arantes, F.P., Sato, Y., Bazzoli, N., Rizzo, E. (2007). Comparative oocyte morphology and early development in three species of trahiras from the Sao Francisco River Basin, Brazil. Journal of Fish Biology, 70; 1412-1429.

13. Huysentruyt, F., Moerkerke, B., Devaere, S., Adriaens, D. (2009). Early development and allometric growth in the armoured catfish *Corydoras aeneus* (Gill, 1858). Hydrobiologia, 627; 45-54.

14. Kamler, E. (2008). Resource allocation in yolk-feeding fish. Rev. Fish. Biol. Fish, 18(2); 143-200.

15. Maciel, C.M.R.R., Lanna, E.A.T.L., Maciel A., Jr, Donzele, J.L., Neves, C.A., Menin, E. (2010). Morphological and behavioral development of the piracanjuba larvae. Revista Brasileira de Zootecnia, 39; 961–970.

16. Perini, V.R., Sato, Y., Rizzo, E., Bazzoli, N. (2010). Biology of eggs, embryos and larvae of *Rhinelepis aspera* (Spix & Agassiz, 1829) (Pisces: Siluriformes). Zygote, 18; 20-26.

17. Osse, J., Boogaart, J. G. M. (1995). Fish larvae, development, allometric growth and the aquatic environment. ICES marine Science Symposia, 201; 21-34.

18. Osse, J., Van Den Boogaart, J., Van Snik, G., Van Der Sluys, L. (1997). Priorities during early growth of fish larvae. Aquaculture, 155; 249-258.

19. Peña, R., Dumas, S. (2005). Effect of delayed first feeding on development and feeding ability of *Paralabrax maculatofasciatus* larvae. Journal of Fish Biology, 67; 640-651.

20. Russo, T., Costa, C., Cataudella, S. (2007). Correspondence between shape and feeding habit changes throughout ontogeny of gilthead sea bream *Sparus aurata* L., 1758. In Journal of Fish Biology, 629-656.

21. Russo, T., Boglione, C., Marzi, P., Cataudella, S. (2009). Feeding preferences of the dusky grouper (*Epinephelus marginatus*, Lowe 1834) larvae reared in semi-intensive conditions: a contribution addressing the domestication of this species. Aquaculture, 289; 289–296.

22. Simonovi , P. D., Garner, P., Eastwood, E. A., Ková , V., Copp, G. H. (1999). Correspondence between ontogenetic shifts in morphology and habitat use in minnow *Phoxinus phoxinus*. Environmental Biology of Fishes, 56; 117-128.

23. Sveinsdóttir, S., Thorarensen, H., Gudmundsdóttir, A. (2006). Involvement of trypsin and chymotrypsin activities in Atlantic cod (*Gadus morhua*) embryogenesis. Aquaculture, 260; 307–314.

26. Van Snik, G. M. J., Van den Boogaart, J. G. M., Osse, J. W. M. (1997). Larval growthpatterns in *Cyprinus carpio* and *Clarias gariepinus* with attention to the finfold. Journal of Fish Biology, 50; 1339-1352.