

اهمیت شناخت رفتار لارو ماهیان خاویاری در ارتقای مدیریت پرورش آنها

رضا قربانی واقعی^{۱*}، صالح محمدی^۲، محمود محسنی^۱، ذبیح اله پزند^۱، تورج سهرابی^۱

۱-انستیتو تحقیقات بین المللی ماهیان خاویاری، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی (AREEO)، رشت، ایران، صندوق پستی ۴۱۶۳۵-۳۴۶۴

۲- سازمان جهاد کشاورزی استان گیلان، رشت، ایران

*نویسنده مسئول: Ghorbani_V2@Yahoo.com

چکیده

تغییرات رفتاری در مراحل اولیه زندگی لارو ماهیان، می تواند راهنمای مفیدی برای آبرزی پروران جهت تعیین زمان شروع تغذیه بیرونی، ارزیابی سلامت، کیفیت لاروها و مناسب بودن شرایط پرورش آنها باشد. در پرورش ماهیان خاویاری، این موضوع می تواند برای تشخیص رژیم غذایی مناسب پیش لاروهای (از مرحله خروج از تخم تا جذب کامل کیسه زرده) گونه های هدف مفید باشد. چگونگی عملکرد در تفریخگاه ها، شامل نوع انکوباتور مورد استفاده جهت تفریخ تخم ها و تراکم بالای نگهداری لاروها پس از تفریخ می تواند موجب بروز استرس شده، و سطح کورتیزول را به عنوان شاخص استرس افزایش داده و بازماندگی لاروها را تحت تأثیر قرار دهد. برخی اسیدهای چرب غیر اشباع، عمدتاً دکوزاهگزانوئیک اسید (DHA) می توانند بر ویژگی های رفتاری خاص، از جمله رفتار تجمعی (تشکیل دستهجات) در لاروهای اولیه ماهی تأثیر بگذارند. تغذیه از مقادیر بالای DHA توسط لارو ماهی، می تواند موجب بروز رفتار تجمعی زودتر در لاروها گردد. کمبود DHA می تواند موجب شنای غیر عادی و کاهش رفتار شنا در فاز تشکیل دستهجات (حالت تجمعی) گردد. شروع تغذیه بیرونی با اتمام رفتار گروهی لاروها در طول ساعات روز، پراکنده شدن آنها در کف مخزن و اتمام ذخایر کیسه زرده آنها همراه است. از جمله رفتارهایی که لاروها از خود نشان می دهند، می توان به: حرکت رو به بالا به سمت سطح آب با رانش فعال تنه خلفی بدن و دم و سپس خوابیدن در کف غیر فعال پیش لاروها در بستر، قبل از شروع مجدد شنای فعال به سمت بالا (ژئوتاکی منفی و رفتار رانش)، شنای پلاژیک، شنای بنتیک، تجمع اولیه غیر متراکم مشابه تشکیل دسته (گروه) در گوشه (های) مخزن، تجمع متراکم به تعداد زیاد پیش لارو ژئوتاکی مثبت در گروه دسته مانند در بستر مخزن (دسته شدن ژئوتاکی)، تجمع تعداد زیادی از پیش لاروها در دسته ها، معمولاً در گوشه های مخزن که در آن جریان آب قابل توجه ای نداشته، و با حرکت فعال تنه و دم به مرکز گوشه مخزن نزدیک می شوند (رفتار غیر ژئوتاکی) و رفتار پیش لاروها بصورت پراکنده و منتشر شده در سطح بستر مخزن، با حرکت آهسته بدون فعالیت حرکتی، نشانه ای از شروع رفتار پس از دسته شدن می باشد. همچنین از رفتارهای مهم مرحله لاروی می توان به فتوتاکی (گرایش به نور) و همجنس خواری (کانی بالیسم)، که به ویژه در گونه های گوشت خوار و حریص مثل فیل ماهی شدیدتر می باشد. همجنس خواری در زمان کمبود غذای لاروها بروز نموده و می تواند تلفات قابل توجهی را در لاروها ایجاد نماید. در مجموع، ضروری است، به رفتار لاروها پس از تفریخ تخم ها، تا شروع تغذیه فعال و پس از شروع تغذیه فعال جهت ارزیابی سلامت، کیفیت لاروها و مناسب بودن شرایط پرورش و تعیین زمان شروع تغذیه بیرونی توجه گردد.

واژگان کلیدی: رفتار، لارو، ماهی خاویاری، مدیریت پرورش

بیان مسئله

زمان اولیه تغذیه لارو ماهی یک دوره بحرانی محسوب شده، و بر بازماندگی و رشد بعدی آنها تأثیر می‌گذارد. دوره‌های کوتاه محرومیت از غذا پس از جذب کیسه زرده می‌تواند منجر به رفتار و رشد و نمو غیر طبیعی مورفولوژیکی، تخریب دستگاه گوارش و عضلات تنه، کاهش راندمان استفاده از غذا و فعالیت‌های تغذیه‌ای گردد. زمان شروع تغذیه بیرونی لاروها از اهمیت زیادی برخوردار است. به طور کلی، توصیه می‌شود غذا زمانی به لارو ماهی داده شود که، توانایی شنا کردن و در نتیجه تغذیه را بدست آورده باشند (Gisbert and Willot, 1997).

در لارو اکثر ماهیان، شنا کردن زمانی اتفاق می‌افتد که، لاروها به اندازه کافی کیسه زرده خود را جذب کرده باشند تا بتوانند از کف مخزن بالا آمده و در ستون آب موقعیت خود را حفظ کنند. با این وجود، پرورش دهندگان ماهی زمانی که ۵۰ درصد لاروها در مرحله شنا رو به بالا باشند، تغذیه لاروها را آغاز می‌کنند. زیرا اگر غذادهی با فاصله زیادی پس از جذب کیسه زرده انجام شود، برخی از لاروها هرگز شروع به تغذیه نخواهند کرد. این نکته مفهوم نقطه بی‌بازگشت را نشان می‌دهد. در واقع نقطه‌ای از زمان می‌باشد که، لاروهای گرسنه، توان تغذیه خود را از دست داده به شناوری خنثی نزدیک شده و فعالیت آنها کاهش می‌یابد. به عنوان مثال، برای تاس ماهی سیبری توصیه شده که، تغذیه لاروها ۷ روز پس از تفریخ شروع شود. همچنین توصیه گردیده که تغذیه لاروهای ماهیان خاویاری باید درست پس از خروج ملانین پروپکا انجام شود. ملانین پروپکا یا توده استوانه‌ای ملانینی (که دفع آن به عنوان شاخص شروع تغذیه بیرونی لارو می‌باشد)، در واقع تجمع گرانول‌های تیره رنگ (پیگمانت)، در انتهای لوله گوارشی لارو، به ویژه در بخش مارپیچی بوده، و ناشی از مصرف

ذخایر داخلی کیسه زرده و همچنین مشارکت این ذخایر در تشکیل سیستم گوارشی می‌باشد.

پرورش لارو ماهیان خاویاری، دوره‌ای مهم و تأثیرگذار بر بازماندگی و سلامت لاروهای حاصله می‌باشد. این دوره علاوه بر نوع گونه، به دمای آب و تغذیه بستگی داشته و حفظ محدوده دمایی از اهمیت زیادی برخوردار است. البته چربی‌ها و ترکیب آنها در غذای مولدین بویژه اسیدهای چرب غیر اشباع امگا ۳، همچنین کیفیت و کمیت پروتئین‌ها، می‌توانند بر کیفیت تخم‌ها و موفقیت آمیز بودن تکثیر مولدین تأثیرگذار باشد. افزایش مقدار اسید چرب غیر اشباع امگا ۳، می‌تواند موجب افزایش قابلیت تفریخ تخم‌ها گردد. جیره‌های غذایی حاوی ۱۰ درصد روغن ماهی، می‌تواند موجب افزایش موفقیت در تکثیر، باروری، وزن انفرادی تخم‌ها، افزایش میزان تخمک در هربار تخم‌ریزی، کل میزان چربی تخم‌ها، افزایش میزان تفریخ و بازماندگی لاروها در مقایسه با جیره‌های غذایی حاوی ۴ درصد روغن ماهی گردد (Ronald and Phelps, 2010). لاروهای ماهیان خاویاری، بلافاصله پس از تفریخ در مدت زمان ۹-۶ روز از کیسه زرده تغذیه می‌نمایند. در طول این مدت، انتهای خلفی دستگاه گوارشی با مواد ملانینی پر می‌شود. بلافاصله قبل از اتمام این دوره، توده استوانه‌ای ملانینی خارج می‌شود. این موضوع نشانگر این است که لارو ماهی خاویاری آماده تغذیه بیرونی می‌باشد. معده لاروهای که شروع به تغذیه بیرونی می‌نمایند، بخوبی توسعه یافته و زمانی که تغذیه بیرونی را آغاز می‌کنند، تقریباً به آسانی می‌توانند از غذاهای فرموله شده تغذیه نموده و آنزیم‌هایی موجود در دستگاه گوارش آنها، قادر به هضم پروتئین در معده می‌باشد. در حالی که، آنزیم‌های پانکراسی (آلکالین پروتئاز و آلفا-آمیلاز) در مقادیر قابل توجهی پس از شروع غذا خوردن یافت می‌شوند. به همین دلیل، در طول انتقال به غذای بیرونی، سهم پروتئین‌های با وزن مولکولی پایین در غذا در حدود ۲۵٪ و

سطح کورتیزول را به عنوان شاخص استرس افزایش دهد. چنین استرس‌هایی می‌تواند بازماندگی لاروها را تحت تأثیر قرار دهد (Wassink et al., 2022). در طی تکامل لارو تاس‌ماهی سبیری، تغییرات رفتاری بصورت فتوتاکی، رثوتاکی، و قابلیت شنا در نتیجه تأثیر عوامل بیرونی (مثل دمای آب، شدت جریان آب، نوع بستر، شکار و منابع غذایی) و عوامل داخلی (رشد و نمو ریختی - فیزیولوژیکی) رخ می‌دهد. بنظر می‌رسد، مهمترین عوامل تأثیرگذار بر لارو تاس‌ماهی سبیری شدت جریان آب رودخانه، نوع بستر و منابع غذایی می‌باشند. برای ماهیان جوان و بالغین، دسترسی به غذا نقش عمده‌ای در پراکنش آنها دارد.

تا ۳ روز پس از تفریخ، لاروهای سالم فتوتاکی مثبت را نشان داده و بسترهای سفید برای آنها دارای ارجحیت بوده و دارای رفتار شنای عمودی و بی‌هدف می‌باشند. آنها با حرکت فعال به سمت بالا حرکت نموده و سپس به صورت منفعلانه در بستر مستقر می‌شوند. در ۴ روز پس از تفریخ، باله سینه‌ای توسعه یافته و در نتیجه رفتار لارو از حالت پلاژیک به بنتیک تغییر می‌کند. در روزهای ۷-۸ پس از تفریخ، لارو رفتار دسته‌شدن را از خود نشان داده و به دنبال زیستگاه‌های سرپوشیده ترجیحاً با بستر تیره می‌باشند. رفتار تجمعی با گرایش به حرکت در جهت مشخص (قطبی شدن) شناخته شده، به طوری که لاروها جهت‌گیری یکسانی را اتخاذ نموده، و در یک جهت شنا می‌کنند. برخی اسیدهای چرب غیر اشباع، عمدتاً دوکوزاهگزانوئیک اسید-امگا-۳ (DHA) می‌توانند بر ویژگی‌های رفتاری خاص، از جمله رفتار تجمعی (تشکیل دستجات) در لاروهای اولیه ماهی تأثیر بگذارند. تغذیه از مقادیر بالای DHA توسط لارو گونه‌های ماهی، می‌تواند موجب بروز رفتار تجمعی زودتر در لاروها گردد. از آنجایی که، در لارو ماهیان خاویاری، کیسه زرده منبع تأمین اسیدهای چرباند، لذا لاروها با شرایط فقر غذایی مواجه می‌باشند. کمبود DHA می‌تواند موجب شنای غیر عادی و

سهم پلی‌پپتیدهای بلند زنجیره باید از ۴ تا ۷/۵ درصد باشد. در ارتباط با لارو تاس‌ماهی سبیری، در ۶ روز اول تغذیه بیرونی استفاده از غذای طبیعی، به عنوان مثال لارو آرتمیا و پس از آن تغذیه با غذاهای ترکیبی توصیه شده است (Gisbert and Willot, 1997). یک رفتار مهم دیگر در لاروها، همجنس‌خواری یا کانی‌بالسم بوده، که به ویژه در گونه‌های گوشت‌خوار و حریص مثل فیل ماهی شدیدتر می‌باشد. این مورد بویژه در زمان کمبود غذای لاروها بروز نموده و می‌تواند تلفات قابل توجهی را در لاروها ایجاد نماید. به دلیل گستردگی پرورش تاس‌ماهی سبیری در سطح جهان، در ارتباط با رفتار لارو تاس‌ماهی سبیری تحقیقات بیشتری نسبت به سایر گونه‌های ماهیان خاویاری انجام شده است.

الگوهای رفتاری در لارو ماهیان خاویاری

بروز رفتارهای بیرون زدن ملانین پروپکا و شنای رو به بالای لاروها می‌تواند به عنوان شاخص شروع تغذیه لاروها مورد استفاده قرار گیرد. عوامل محیطی مانند دمای آب، کیفیت آب و فراوانی غذا مستقیماً می‌تواند بر رفتار ماهیانی که در شرایط پرورشی نگهداری می‌شوند، تأثیر بگذارد. برخی از ویژگی‌های رفتاری مانند نور گریزی و توانایی شنا کردن، ذاتی بوده و کمتر تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرند. از این رو، تغییرات رفتاری در مراحل اولیه زندگی ماهیان می‌تواند راهنمای مفیدی برای آبی‌پروران جهت ارزیابی سلامت، کیفیت لاروها و مناسب بودن شرایط پرورش باشد (Gisbert and Willot, 1997). مشاهده رفتار لاروها می‌تواند راهنمای مفیدی برای تعیین زمان شروع تغذیه بیرونی ماهیان خاویاری باشد. شروع تغذیه بیرونی با اتمام رفتار تشکیل دسته، لاروها در طول ساعات روز، پراکنده شدن آنها در کف مخزن و اتمام ذخایر کیسه زرده آنها همراه می‌باشد. چگونگی عملکرد در تفریخگاه‌ها، شامل نوع انکوباتور مورد استفاده جهت تفریخ تخم‌ها و تراکم بالای نگهداری لاروها پس از تفریخ می‌تواند موجب وارد آوردن استرس شده و

کاهش رفتار شنا در فاز تشکیل دستجات (حالت تجمعی) مرحله خروج از تخم تا جذب کامل کیسه زرده) تاس ماهی گردد. معیارهای معیارهای اصلی رفتاری پیش لاروهای (از روسی در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. معیارهای اصلی رفتاری پیش لاروهای تاس ماهی روسی (Kim et al., 2019)

ویژگی های رفتاری در مخزن	معیارهای رفتاری
حرکت رو به بالا به سمت سطح آب با رانش فعال تنه خلفی بدن و دم و سپس خوابیدن در کف بطور غیر فعال پیش لاروها در بستر، قبل از شروع مجدد شنای فعال به سمت بالا.	ژئوتاکی منفی و رفتار رانش
شنا به مدت طولانی در سطح آب یا ستون فوقانی آب در جهت معین.	شنای پلاژیک
شنای آزاد در یک مسافت کوتاه یا طولانی در امتداد کف مخزن، بدون نشان دادن سایر انواع رفتارها	شنای بنتیک
نزدیک شدن به گوشه (های) مخزن، پیش لاروها تجمع غیر متراکمی را مشابه دسته شدن ^۱ را در گوشه (ها) نشان می دهند.	جمع شدن اولیه در گوشه
تجمع متراکم تعداد زیادی پیش لارو ژئوتاکی مثبت در گروه دسته مانند در بستر مخزن، پیش لاروها برخلاف جریان آب با حرکت پیشراانه فعال آشنا می کنند.	دسته شدن ژئوتاکی
تجمع تعداد زیادی از پیش لاروها در دسته ها، معمولاً در گوشه های مخزن که در آن جریان آب قابل توجهی وجود ندارد. پیش لاروها با حرکت فعال تنه و دم به مرکز گوشه مخزن نزدیک می شوند.	دسته شدن غیر ژئوتاکی
رفتار پیش لاروها بصورت غیر حرکتی، غیر فعال، پراکنده و منتشر شده در سطح بستر مخزن، نشانه ای از شروع رفتار پس از دسته شدن بصورت حرکت آهسته بدون فعالیت حرکتی است.	رفتار پس از دسته شدن

رفتار لارو تاس ماهی روسی

در طی تکامل لارو تاس ماهی سیری، تغییرات رفتاری بصورت فتوتاکی، رثوتاکی، و قابلیت شنا در نتیجه تأثیر عوامل بیرونی (مثل دمای آب، شدت جریان آب، نوع بستر، شکار و منابع غذایی) و عوامل داخلی (رشد و نمو ریختی-فیزیولوژیکی) رخ می دهد. بنظر می رسد، مهمترین عوامل تأثیر گذار بر لارو تاس ماهی سیری شدت جریان آب رودخانه، نوع بستر و منابع غذایی می باشند. برای ماهیان جوان و بالغین، دسترسی به غذا نقش عمده ای در پراکنش آنها دارد. تا ۳ روز پس از تفریخ، لاروهای سالم فتوتاکی مثبت را نشان داده و بسترهای سفید برای آنها دارای ارجحیت بوده، و دارای رفتار شنای عمودی و بی هدف می باشند. آنها با حرکت فعال بسمت بالا حرکت نموده و سپس به صورت غیر فعال در بستر مستقر می شوند. در ۴ روز پس از تفریخ، باله سینه ای توسعه یافته و در نتیجه رفتار لارو از حالت پلاژیک به بنتیک تغییر می کند. در روزهای ۷-۸ پس از تفریخ، لارو رفتار تشکیل دسته را از خود نشان داده و به دنبال زیستگاه های سرپوشیده ترجیحاً با بستر تیره می باشند. رفتار تجمعی با گرایش به حرکت در جهت مشخص (قطبی شدن) شناخته شده، به طوری که لاروها جهت گیری یکسانی را اتخاذ نموده و در یک جهت شنا می کنند (Kim et al., 2019).

طی مرحله تغذیه داخلی، لپیدهای موجود در کیسه زرده لارو ماهی، منبع ترجیحی رشد و توسعه و تولید انرژی از طریق متابولیسم شدید اسیدهای چرب می باشد. از آنجایی که، انرژی زرده محدود است، هر چه انرژی بیشتری به یک فرآیند اختصاص یابد، انرژی کمتری برای فرآیند دیگر در دسترس خواهد بود. علاوه بر این، همه اسیدهای چرب امگا ۳ با عملکرد یکسانی در متابولیسم لارو و ماهی دخیل نیستند. به طوری که اسیدهای چرب اشباع (SFA) و تک غیر اشباع (MUFA) منابع اصلی انرژی در طول رشد و اسیدهای چرب

چند غیر اشباع (PUFA) عملکردهای بیولوژیکی متفاوتی را برای رشد و نمو ارائه می دهند. برخی اسیدهای چرب غیر اشباع (عمدتاً DHA) می توانند برویژگی های رفتاری خاص، از جمله رفتار تجمعی (تشکیل دستجات) در لاروهای اولیه ماهی تأثیر بگذارند. تغذیه از مقادیر بالای DHA توسط لارو گونه های ماهی، می تواند موجب بروز رفتار تجمعی زودتر در لاروها گردد. از آنجایی که، در لارو ماهیان خاویاری، کیسه زرده منبع تأمین اسیدهای چرب اند، لذا لاروها با شرایط فقر غذایی مواجه می باشند. کمبود DHA می تواند موجب شنای غیر عادی و کاهش رفتار شنا در فاز تشکیل دستجات (حالت تجمعی) گردد. اسید چرب امگا ۳ ایکوزاپنتانوئیک اسید (EPA) در متابولیسم رشد بسیاری از گونه های ماهی با اسید آراشیدونیک، یک اسید چرب امگا ۶ اشباع نشده (ARA) و DHA رقابت نموده، و بر فعالیت بیولوژیکی متابولیت های تولید شده تأثیر می گذارد. نسبت DHA به EPA برای رشد و نمو مناسب لاروی، همچنین در مرحله لاروی تاس ماهی سیری حائز اهمیت می باشد. نسبت DHA به EPA مساوی یا بزرگتر از ۲ برای ماهیان سردآبی و گرمابی مناسب می باشد (Kim et al., 2020). در تحقیقی بر روی لارو تاس ماهی سیری، مقادیر DHA به EPA از ۵/۳۵ تا ۵/۶۶ متغیر بود. این موضوع نشان دهنده الگوی بهینه اسیدهای چرب اشباع در لاروها بود. در نرخ های رشد بالاتر، متابولیسم لاروهای ماهی خاویاری به طور انتخابی این دسته از اسیدهای چرب اشباع را کاهش داده و ترجیحاً اسیدهای چرب چند غیر اشباع را حفظ می نماید. این موضوع از نظر بیولوژیکی برای رشد صحیح ماهی ضروری است (Kim et al., 2020).

یکی دیگر از جنبه های اساسی رشد ماهی، رشد عضله بوده که نتیجه هیپرتروفی و هیپرپلازی در ماهیان استخوانی است. هیپرتروفی، در طول زندگی پس از جنینی، زمانی که به حداکثر عملکرد خود می رسد، رخ می دهد. تفاوت قابل توجه بین ماهیان خاویاری و ماهیان استخوانی این است که، در

ماهیان استخوانی، عضله سفید که کاملاً از سلول‌های استوانه ای تشکیل شده، از زمان تخم‌ریزی تا بزرگسالی حفظ می‌شود. در ماهیان خاویاری، عضله سفید در ابتدا از تیغه‌های ماهیچه‌ای چند هسته‌ای تشکیل شده که بعداً در فرآیندی، جای خود را به سلول‌های چند ضلعی می‌دهد (Aidos et al., 2018).

تأثیر نور بر رفتار لارو تاس‌ماهی روسی

نور یکی از مهمترین عوامل موثر بر ویژگی‌های رفتاری و فیزیولوژیکی ماهیان خاویاری، به ویژه در مراحل اولیه زندگی آنها می‌باشد. ویژگی‌های فتوتاکیسی گونه‌های ماهی خاویاری به طور ذاتی در مرحله تفریخ به دست آمده و پیش لاروهای تازه از تخم در آمده (یعنی لاروهای دارای کیسه زرده) طیف وسیعی از تعاملات رفتاری را با نورهای محیطی نشان می‌دهند. ویژگی‌های خاص گونه در رفتارهای وابسته به نور در مراحل پیش لارو ارتباط نزدیکی با سبک‌های پراکندگی و مهاجرت گونه‌های ماهی خاویاری در زیستگاه‌های طبیعی داشته که بدون شک برای طراحی برنامه‌های ذخیره‌سازی مجدد و حفاظت از جمعیت‌های در معرض خطر اهمیت دارد. ویژگی‌های رفتاری وابسته به نور گونه‌های ماهی خاویاری برای مدیران تفریخ گاه‌ها نه تنها برای اعتبارسنجی تناسب فیزیولوژیکی و رشدی پیش لاروهای تکثیر شده مصنوعی، بلکه برای توسعه یک رژیم روشنایی مناسب برای پرورش موثر پیش لارو مفید می‌باشد. دوره های روشنایی نوری مختلف در طول مراحل پیش لاروی یا لاروی ممکن است منجر به نتایج بسیار متغیری در رابطه با زنده ماندن، رشد و یا پاسخ به استرس ماهیان خاویاری گردد (Kim et al., 2019).

رفتار وابسته به نور در لارو ماهیان خاویاری از همان مرحله تفریخ انبوه ایجاد می‌شود. اما این ویژگی ذاتی در بین گونه های جنس تاس‌ماهی به طور قابل توجهی متفاوت است. ماهیان خاویاری در طول زندگی اولیه بسته به سازگاری خاص گونه با زیستگاه طبیعی، ویژگی فتوتاکیسی مثبت، منفی یا بدون آن را نشان می‌دهند. در پرورش ماهیان خاویاری، رفتارهای وابسته به گونه‌های خاص، برای مدیران مراکز تکثیر و پرورش ماهیان خاویاری جهت ارزیابی وضعیت سلامت و فیزیولوژیکی پیش لاروها مهم می‌باشند. از اینرو، این موضوع می‌تواند برای تعیین رژیم غذایی مناسب پیش لاروهای گونه‌های هدف مفید می‌باشد. اکثر گونه‌های ماهیان خاویاری دارای دوره طولانی رشد پیش لارو بوده (معمولاً بیش از ۱ هفته) و در طول آن دوره دچار تغییرات پویا در رفتار تکاملی خود می‌شوند. بطور معمول، مراکز تکثیر در طول دوره پرورش پیش لاروها، رژیم نوری اعمال می‌کنند. لذا، ویژگی‌های رفتاری ماهیان خاویاری به طور بالقوه تحت تأثیر تناوب نوری روزانه قرار می‌گیرد.

در تحقیقی، رفتار تکاملی پیش لارو تاس‌ماهی روسی تکثیر شده در مزرعه، تحت تأثیر دوره نوری مورد بررسی قرار گرفت (Kim et al, 2019). طول کل و وزن بدن لاروهای تازه از تخم درآمده به ترتیب $10/2 \pm 0/2$ میلی‌متر و $14/5 \pm 0/7$ میلی‌گرم و در روز ۱۰ پس از تفریخ، میانگین طول کل و وزن بدن به ترتیب $10/2 \pm 0/2$ میلی‌متر و $14/5 \pm 0/7$ میلی‌گرم اندازه‌گیری شد. پیش لاروهای تاس‌ماهی روسی از مورفولوژی خارجی گونه‌های جنس *Acipenser* جفت باله‌های برجسته اولیه، زرده بیضی شکل و یک زائده زرده^۳ برخوردارند. شروع فرو رفتگی زرده و توسعه اولیه آبشش‌های بیرونی در روز دوم پس از تفریخ مشاهده گردید. در روز ۴ پس از تفریخ، چشم‌ها بخوبی قابل مشاهده و رنگدانه ملانین به ویژه در مجموعه و بخش پیشین تنه و نواحی

دمی دیده شد. زائده زرده به صورت دریچه مارپیچی متراکم شده و باله های مختلف شنا توسعه یافته بود. تقریباً تمام بدن رنگدانه تیره پیدا کرده، و تا روز بعد، جوانه های سپر پشتی شروع به ظاهر شدن نمودند.

پیش لاروهای تاس ماهی روسی که به تازگی از تخم خارج شده بودند، تحت شرایط نور، بر اساس ارجحیت کف مخزن برای آنها، فتوتاکی مثبتی از خود نشان ندادند. هیچ ژئوتاکی منفی (حرکت به سمت پایین، در جهت خلاف نیروی جاذبه) قابل توجهی در پیش لاروهای سایر گونه های ماهیان خاویاری (به عنوان مثال *A. brevirostrum* و *A. transmontanus*) که ویژگی های فتوتاکی منفی را نشان می دهند، گزارش نشد. رفتار ژئوتاکی منفی به عنوان یک استراتژی، مشخصه پیش لاروهای بسیاری از گونه های ماهیان خاویاری برای پراکنده شده و اجتناب از شکار شدن در نظر گرفته شده است. با این حال، حرکت با فتوتاکی نیز مرتبط می باشد. پیش لاروهای چندین گونه از ماهیان خاویاری که فتوتاکی مثبت از خود نشان می دهند، به طور فعال به سمت سطح آب شنا می کنند. رفتار پیش لاروهای تاس ماهی روسی در شرایط نور کم، مشابه شرایط تحت نور گزارش شد. اگرچه رفتار پیش لاروهای تاس ماهی روسی تحت شرایط تاریکی از نظر کمی با رفتارهای در شرایط نور متفاوت بود، ولی تحول اساسی و تغییر در رفتار مشاهده نگردید. این رفتار با یافته های گزارش شده برای سایر گونه های ماهیان خاویاری (با فتوتاکی مثبت) که تغییرات چشمگیری در رفتار شنا در طول انتقال از روز به شب نشان می دهند، متفاوت بود. به عنوان مثال، در زمان تاریکی، پیش لاروهای تاس ماهی سبیری، به سمت بالا شنا نکرده و شای پلاژیک در سطح آب در طول روز به سرعت به حرکت در کف در شب تغییر نمود (Kim et al., 2019).

شروع و توسعه دسته های رتوتاکی و غیر رتوتاکی پیش لاروهای تاس ماهی روسی، در تکرارهای مخازن در شرایط تحت نور مشابه نبود. تعداد فزاینده ای از پیش لاروها، در طول دوره پیش لاروی (روزهای ۳-۰ پس از تفریح) در گوشه های مخزن تجمع نموده، و مستقیماً قادر به تشکیل دسته های غیر رتوتاکی در گوشه های مخزن بوده و یا به طور متناوب در طول روز چهارم رتوتاکی شدند. تعیین پتانسیل تأثیر فاکتورهای حیاتی (یعنی بازماندگی و اندازه ماهی) و یا غیر حیاتی (یعنی شرایط مخزن) عامل این ناهمگونی میسر نبود. لذا، جهت تعیین اینکه چرا چنین الگوهای متفاوت دسته شدن، در شرایط مختلف پرورش (یعنی تراکم، روشنایی، شکل مخزن) ایجاد شده، آزمایشات زیادی مورد نیاز می باشد. با این وجود، یافته ها مشخص نموده که، دسته شدن پیش لاروها در گوشه مخزن دارای ارتباط تنگاتنگ با رفتار فتوتاکی منفی تحت شرایط نور بود. همچنین مشخص گردید که، پیش لاروهای تجمع کرده در گوشه مخزن، جهت دور شدن از منبع نور مصنوعی (نور ال ای دی ۳ وات) فعالانه حرکت می کردند (این وضعیت به میزان زیادی موید فتوتاکی منفی بود). بهر حال، یافته ها با نتایج قبلی، که پیش لاروهای ۰ تا ۵ روزه تاس ماهی روسی (جمعیت رودخانه ولگا)، بطور قابل توجهی نور زیاد را ترجیح می دادند، در تضاد بود. اگرچه، چنین نتایجی متناقضی، نیاز به بررسی بیشتر داشته، ولی گزارش شده که پیش لاروهای تاس ماهی روسی یک تنوع وابسته به جمعیت را در فتوتاکی مثبت در جمعیت رودخانه ولگا و فتوتاکی منفی در جمعیت رودخانه آزووف نشان می دهند. یک زیر گونه از پیش لاروهای تاس ماهی روسی (*A. gueldenstaedtii colchicus*) ممکن است رفتار فتوتاکی در طی مرحله پیش لاروی نشان ندهند (Kim et al., 2019).

تحت شرایط نور کم، پیش لاروهای تاس ماهی روسی به آسانی همانند شرایط تابش نور، دسته تشکیل شده را حفظ

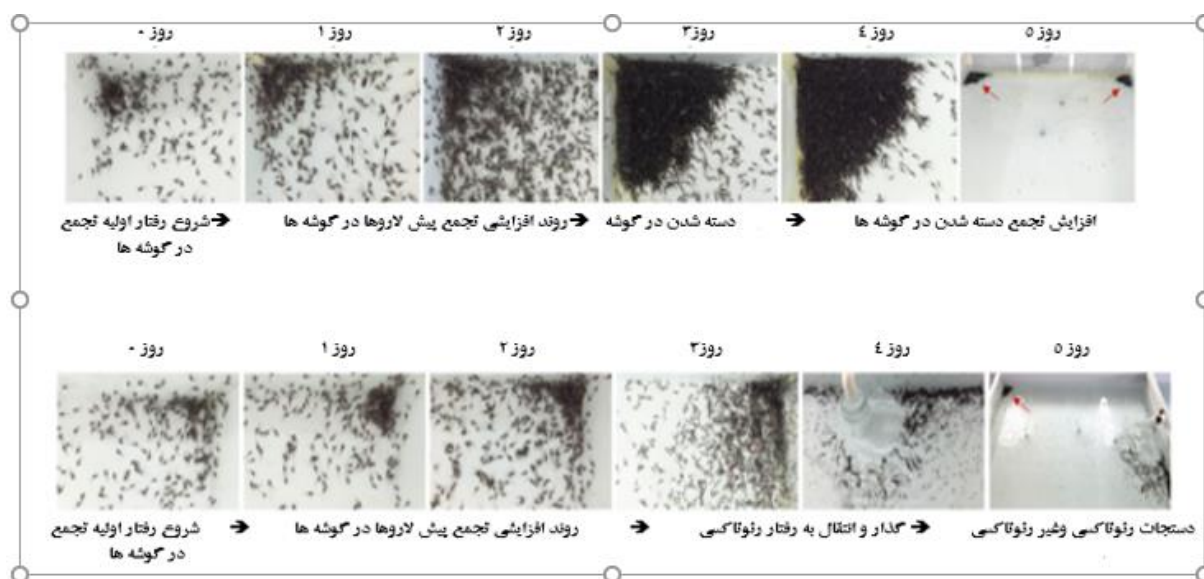
نمودند (روزهای ۶-۴ پس از تفریخ). این نشان می‌دهد که پیش لاروهای تاس ماهی روسی می‌توانند نور ضعیف را حس کنند. بر این اساس، کاهش شدت نور (۱۰ لوکس) ممکن است برای ایجاد هر گونه تغییر قابل توجه در رفتار تشکیل دسته، کافی نبوده باشد. این یافته‌ها، با مشاهدات قبلی با گونه تاس ماهی سبیری (از بین رفتن رفتار فعال دسته شدن در شرایط کاهش قابل توجه شدت نور) متفاوت بود.

در شدت نور کمتر از ۱ لوکس، پیش لاروهای تاس ماهی روسی در توانایی خود برای حفظ رفتار دسته شدن رئوناکسی و پس از دسته شدن غیر رئوناکسی تفاوت نشان دادند. اگرچه دسته‌های رئوناکسی ضعیف بودند، اما در شرایط تاریک باقی ماندند. در حالی که، دسته‌های غیر رئوناکسی تقریباً ناپدید شدند. این مشاهدات نشان می‌دهد که، پیش لاروهای تاس ماهی روسی در این مراحل ممکن است از بینایی به عنوان ابزار اصلی تعیین رفتار دسته شدن غیر رئوناکسی استفاده نمایند. در حالی که، رفتار رئوناکسی آنها ممکن است بیشتر توسط یک جدول زمانی اونتورنی (سیر تکاملی در یک گونه) تعیین شده ذاتی که کمتر تحت تأثیر شدت نور محیطی قرار دارد، کنترل شود.

همچنین، رفتار پس از تشکیل دسته پیش لاروهای تاس ماهی روسی، تفاوت قابل توجهی با شرایط نوری مختلف (کم نور، تحت نور و تاریکی) نداشته است. به طور معمول، رفتار پیش لاروهای ماهیان خاویاری پس از تشکیل دسته با کاهش فعالیت پیش لاروی در دسته رئوناکسی و یا غیر رئوناکسی، در محدوده مرز بیرونی دسته‌ها آغاز شد. با پیشرفت رفتار پس از تشکیل دسته (روزهای ۹-۷ پس از تفریخ لاروها)، دیگر دسته‌های فشرده حفظ نشدند. پیش

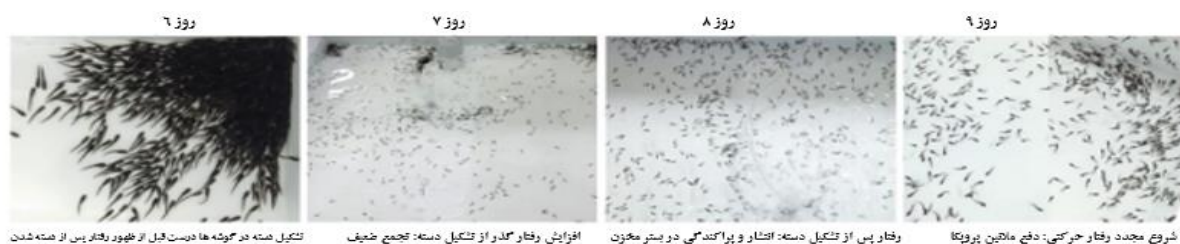
لاروها فقط بصورت غیر متراکم تجمع نمودند و در نهایت به صورت غیر حرکتی در کف مخزن پراکنده شدند. این رفتار، نشان دهنده پایان مرحله پیش لاروی بود. در این مرحله، پیش لاروها آماده نهایی نمودن رشد عملکردی اندام‌های گوارشی مختلف برای خوردن غذاهای بیرونی هستند. به طور خلاصه، نتایج تحقیق نشان داد که، پیش لارو تاس ماهی روسی تحت شرایط نور، رفتار فتوتاکی منفی از خود نشان داده و این رفتار تحت شرایط نور کم و تاریکی، به طور قابل توجه تغییر نکرد. رفتار دسته شدن رئوناکسی نسبت به رفتار دسته شدن غیر رئوناکسی کمتر تحت تأثیر شدت نور محیطی قرار گرفت. در طول چرخه شبانه‌روزی نوری، رفتار پس از دسته شدن، به طور قابل توجهی تحت تأثیر شدت نور (از ۴۵۰-۱ لوکس) قرار نگرفت. رفتار لاروها، در گوشه مخزن در شرایط نیمه تاریک در مقایسه با شرایط نور تغییر قابل توجهی نداشت. با این حال، این رفتار در شرایط تاریکی بسیار کاهش یافت. این نتایج می‌تواند برای بررسی دقیق فیزیولوژی وابسته به نور پیش لارو تاس ماهی روسی و ایجاد یک راهنمای بصری عملی برای ارزیابی سلامت و کیفیت پیش لاروهای تکثیر شده در تفریخ گاه‌ها تحت شدت‌های مختلف روشنایی و یا چرخه شبانه‌روزی روشنایی مورد استفاده قرار گیرد. می‌توان از این یافته‌ها، برای پیش لاروهای تاس ماهی روسی در شرایط تفریخ گاه استفاده نمود.

تعداد کمی از پیش لاروها از روز صفر در شرایط نور، شروع به جمع شدن در گوشه‌های مخزن نموده و به تدریج با افزایش سن این حالت افزایش یافت. رفتار اولیه تجمع لاروها در گوشه مخزن در شرایط نیمه تاریک در مقایسه با شرایط نور تغییر قابل توجهی نداشت. با این حال، این رفتار در شرایط تاریکی بسیار کاهش یافت (شکل ۱).



شکل ۱. افزایش تدریجی رفتار جمع شدن در گوشه مخزن لاروهای تاس ماهی روسی با افزایش سن لارو و به دنبال آن تجمع بصورت دسته جات.

دو الگوی مختلف قابل مشاهده است. در الگوی I (بالا)، پیش لاروهای تجمع کرده اولیه (روز ۰ تا روز ۲ پس از تفریخ) به طور مستقیم دسته‌های غیر رثوتاکسی را در گوشه‌ها تشکیل دادند (روز ۳ تا روز ۵ پس از تفریخ). دو دسته بزرگ در روز ۵ پس از تفریخ، با فلش نشان داده شده است. در مقابل، در الگوی II (پایین تر)، رفتار جمع شدن در گوشه مخزن پیش لاروها (روز ۰ تا ۳) از تجمع رثوتاکسی پیش لاروها به دسته رثوتاکسی تغییر یافت (روز ۴). در روز ۵ پس از تفریخ، دسته غیر رثوتاکسیک در گوشه مخزن ایجاد شد (با فلش نشان داده شده است). تجمع قبل از لارو در یک تجمع رثوتاکسیک (روز ۴). همانطور که با یک فلش نشان داده شده است، یک تجمع غیر رثوتاکسیک در روز ۵ در گوشه‌ای ایجاد شد. الگوهای موقتی برای دو الگو در دوره نوری در شکل ۲ ارائه شده است (Kim et al., 2019).



شکل ۲. پیشرفت توسعه رفتار پس از دسته شدن لارو تاس ماهی روسی از روز ۶ تا روز ۸ پس از تفریخ، و بدنبال آن ورود به مرحله لاروی در روز ۹ پس از تفریخ (Kim et al., 2019).

بطور خلاصه لارو تاس ماهی روسی، در طول ۳ روز اول پس از تفریخ، لاروها دارای رفتار شنای عمودی بوده، و قادر به شنا در یک مسیر خاص بصورت طولانی مدت نمی‌باشند. آنها با حرکت فعال قسمت جلویی تنه و دم، به سمت بالا حرکت نموده، و سپس منفعلانه (بدون کنترل فعال و شنا کردن قابل توجه) در کف مستقر می‌شوند. در طول این مدت، لاروها دارای نورگرایی مثبت قابل توجهی می‌باشند. بین روزهای ۴ تا ۸ پس از تفریخ، قسمت اعظم لاروها

کف مخزن مستقر شده، بصورت دستجات تجمع کرده، با جریان آب مواجه شده، دم و باله‌های خود را تکان می‌دهند. در ۹ تا ۱۰ روز پس از تفریخ، همزمان با کامل شدن جذب کیسه زرده، واکنش قابل توجهی نسبت به نور و جریان آب دارند. رفتار تجمعی در این مرحله از بین رفته و لاروها در کف مخزن پراکنده می‌شوند. در طول روزهای اول انتقال به تغذیه بیرونی، نیاز است سطح آب مخزن جهت تغذیه لاروها از غذای زنده کاسته شده، لذا انرژی صرف شده توسط لاروها، جهت جستجوی غذاها، همچنین هدر روی غذاهای زنده در نتیجه زهکش نمودن آب مخزن، کاهش می‌یابد.

تأثیر نور بر رفتار لارو برخی دیگر از گونه‌های ماهیان خاویاری

در بررسی اثرات دوره‌های نوری مختلف و شدت‌های نور بر رشد، بازماندگی و تغییرات حجم کیسه زرده لارو تاس‌ماهی ایرانی (*A. persicus*) مشخص گردید که، دوره‌های نوری با شدت‌های متوسط باعث بهبود قابل توجهی در رشد لاروها در مقایسه با دوره‌های نوری با شدت زیاد یا کم شدند. بازماندگی لاروها در شرایط نور با شدت مناسب بالاتر بود و نور شدید یا کم باعث افزایش مرگ و میر شد. تغییرات حجم کیسه زرده نیز تحت تأثیر شدت و دوره نور قرار داشت. در نورهای بهینه، جذب کیسه زرده سریع‌تر و کامل‌تر انجام شد. همچنین نور مناسب موجب بهبود فعالیت‌های متابولیکی و کاهش استرس لاروها گردید. به طور کلی، انتخاب دوره و شدت نور بهینه در پرورش لارو تاس‌ماهی، نقش کلیدی در افزایش کارایی رشد و بازماندگی داشته و می‌تواند به بهبود عملکرد تولیدی در آبی‌پروری کمک نماید (کاظمی و همکاران، ۱۳۹۵).

شدت نور بر رشد لارو فیل‌ماهی (*Huso huso*) تأثیر قابل توجهی داشت. شدت نور متوسط باعث افزایش رشد و بهبود ضریب تبدیل غذایی می‌شود. نور با شدت خیلی کم یا خیلی

زیاد می‌تواند استرس‌زا باشد و باعث کاهش بازماندگی لاروها شود. شدت مناسب نور موجب بهبود فعالیت‌های تغذیه‌ای لاروها شده و رفتارهای طبیعی آن‌ها را حفظ می‌کند. نور مناسب باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های گوارشی و بهبود سلامت دستگاه گوارش می‌شود. شدت نور بهینه به ارتقای سیستم ایمنی لاروها کمک کرده و مقاومت آن‌ها در برابر بیماری‌ها را افزایش می‌دهد. دوره‌های نوری همراه با شدت مناسب، باعث افزایش بازماندگی و بهبود عملکرد کلی لارو در مراحل اولیه رشد می‌گردد (کاظمی و همکاران، ۱۴۰۱).

رفتارشناسی لاروهای تازه از تخم در آمده تاس‌ماهی سیبری

ماهی خاویاری سیبری گونه رایج پرورشی در سراسر جهان می‌باشد. این گونه در طول زندگی پیش لاروی خود، نورگرایی مثبت قوی از خود نشان می‌دهد. پس از خروج از تخم (روز صفر)، فقط بخش کوچکی از پیش لاروها رفتار ژئوتاکتیک منفی و رانش غیر فعال را در شرایط تاریکی (بطور متوسط کمتر از ۵ درصد) نشان دادند. مسافت حرکت در روزهای ۱ و ۲ پس از تفریخ افزایش یافت. با این وجود، پیش لاروها ترجیح دادند که بدون نشانه واضحی از شنای پلاژیک به ستون آب بالایی در نزدیک کف بستر باقی بمانند. تغییر رفتاری در مقایسه با شرایط نور نشان ندادند. هنگامی که پیش لاروها در معرض شدت نور بیشتر کاهش یافته قرار گرفتند (یعنی شرایط تاریکی) تقریباً ژئوتاکسی منفی از بین رفته و پیش لاروها در کف و دیواره‌های مخزن حرکت کردند. رفتار شنا در بستر در روز سریع‌تر از شرایط تاریکی و تاریکی / نور بود (Kim et al., 2020).

عادت رفتاری تشکیل دسته ژئوتاکسی و غیر ژئوتاکسی

در تحقیق انجام شده توسط Gisbert و Willot (۱۹۹۷) در شرایط تحت نور، الگوهای شروع تجمع ژئوتاکسی (در

(که از روز ۰ شروع و تا روز ۳ پس از تفریخ افزایش یافت) اما بیشتر پیش لاروها در روز ۴ پس از تفریخ از گوشه‌ها به مناطق اطراف ورودی‌های آب نقل مکان نموده و دسته‌های بزرگ رئوتاکسی را تشکیل دادند. کمی پس از آن، دسته‌بندی رئوتاکسی به اوج خود رسیده، و اکثر پیش لاروها به این دسته‌ها پیوسته بودند. در روز ۵ پس از تفریخ، دسته‌های غیر رئوتاکسی در گوشه تشکیل شدند. با این حال، تعداد افراد در دسته‌های غیر رئوتاکسی کمتر از دسته‌های رئوتاکسی بود.

در شرایط نور کم، الگوهای حرکت گروهی با شرایط تحت نور، تفاوت چندانی نداشت. با وجود کاهش مشارکت تعداد پیش لاروها در شرایط نور کم و تحت نور، تعداد قابل توجهی از پیش لاروهای رئوتاکسی در شرایط نور تاریکی، بصورت دسته‌جات در گروه باقی ماندند. با این حال، برخلاف دسته‌جات رئوتاکسی، دسته‌جات غیر رئوتاکسی در طول دوره تاریکی ناپایدار بودند. در هر سه مخزن تکرار شده، گروه‌های غیر رئوتاکسی در شرایط تاریکی یا به طور قابل توجهی از نظر اندازه کاهش یافته بودند، یا به طور کامل پراکنده شده بودند. پیش لاروها، علاوه بر گروه‌های غیر رئوتاکسی، رفتار کف‌زی را در بستر مخازن نشان دادند (جدول ۲).

ورودی آب مخزن با جریان آب ۸ لیتر در دقیقه) و تجمع پس از رئوتاکسی (در گوشه‌های مخزن بدون جریان آب قابل توجه) در مخازن مختلف (تکرارهای تیمار) متفاوت بود. در یکی از ۳ مخزن (مخزن شماره ۱) تعداد پیش لاروهای اولیه جمع شونده در گوشه‌ها (که اولین بار در روز صفر مشاهده شدند) با افزایش سن بتدریج افزایش یافت و پیش لاروها در روز ۳ پس از تفریخ دسته‌های بزرگ غیر رئوتاکسی را مستقیماً در گوشه‌ها تشکیل دادند. دسته‌های تشکیل شده در گوشه‌ها، تا روز ۴ متراکم‌تر شده و اندازه دسته‌های غیر رئوتاکسی، که تقریباً تمام پیش لاروهای مخزن را تشکیل می‌دادند، در روز ۵ به اوج خود رسیدند. در آن مخزن تا اواخر روز ۵ پس از تفریخ، رفتار حرکت دسته جمعی رئوتاکسی قابل توجهی مشاهده نشد. در روز ۶، تعداد قابل توجهی (تقریباً یک سوم) از پیش لاروهایی که در دستجات غیر رئوتاکسی مشارکت داشتند، به ناحیه اطراف ورودی آب حرکت کرده و دسته رئوتاکسی را تشکیل دادند. همزیستی تجمعات هر دو دسته رئوتاکسی و غیر رئوتاکسی تا شروع رفتار پس از دسته بندی ادامه یافت. الگوی تشکیل دسته بندی که در قسمت بالا توضیح داده شد، با مخزن تکرار دیگر (مخازن ۲ و ۳) متفاوت بود. اگر چه پیش لاروها در این مخازن نیز رفتار اولیه جمع شدن در گوشه‌ها را نشان دادند

جدول ۲. تغییرات عمده الگوهای رفتاری در طول رشد و نمو لارو تاس‌ماهی سبیری (Gisbert and Willot, 1997)

الگوهای رفتاری		روزهای پس از تفریخ			
		کمتر از ۱ روز	روزهای ۱-۳	روزهای ۴-۸	روزهای ۹-۱۰
نور گرایی (رئوتاکسی)		مثبت	مثبت	منفی	خیر
واکنش به جریان آب (رئوتاکسی)		خیر	خیر	مثبت	خیر
رفتار تجمعی		خیر	خیر	بله	خیر
قادر به شنا کردن		خیر	خیر	بله	بله
شنای پلاژیک		بله	بله	نه	بله
شنای بنتیک		خیر	خیر	بله	بله

وضعیت تکوینی پیش لاروهای تاس ماهی سیبری پرورش یافته به صورت مصنوعی در نظر گرفته شوند (Kim et al., 2019).

رفتار پس از دسته شدن

از روز ۷ پس از تفریخ، رفتار دسته شدن متراکم هر دو دسته رثوتاکی و غیر رثوتاکی شروع به کاهش نموده و برخی از پیش لاروها رفتار پس از دسته شدن را نشان دادند (از ابتدای روز ۷ پس از تفریخ). تعداد پیش لاروهایی که رفتار پس از دسته شدن را نشان دادند، در طول مراحل نور کم و تاریکی (روزهای ۷ تا ۸ پس از تفریخ) به طور مداوم افزایش یافت. اکثر پیش لاروها در روز ۸ پس از تفریخ رفتار پس از دسته شدن (غیر حرکتی، پراکنده شدن در کف مخزن) را نشان دادند. لاروها پس از اولین تغذیه (روز ۹ پس از تفریخ) شروع به از سرگیری فعالیت حرکتی نموده و به آرامی در کف مخزن حرکت کردند.

چگونگی عملکرد در تفریخگاهها، شامل نوع انکوباتور مورد استفاده جهت تفریخ تخمها و تراکم بالای نگهداری لاروها پس از تفریخ می تواند موجب وارد آوردن استرس گشته و سطح کورتیزول را به عنوان شاخص استرس افزایش دهد. چنین استرس هایی می تواند بازماندگی لاروها را تحت تأثیر قرار دهد (Wassink et al., 2022).

لارو ماهیان اطلاعات محیطی را از طریق اندام های حسی دریافت می کنند. نوع و شدت پاسخها به طبیعت محرکها، مرحله رشد و نمو و نوع گونه بستگی دارد. غذا از طریق طیف گسترده ای از محرک های شیمیایی (حس بویایی و چشایی)، بینایی (چشمها) و مکانیکی (اندام های حسی پوستی و خط جانبی) تشخیص داده می شود. نسبت اندازه طعمه به اندازه باز دهان لارو، نشانگر قابلیت تغذیه از طعمه می باشد. اگر چه لارو ماهیان از قابلیت تغذیه از طعمه های مشابه اندازه باز دهان برخوردار می باشند، ولی نسبت های بین ۲۵ درصد تا ۶۰

همچنین در تحقیقی دیگر، ویژگی های رفتاری پیش لاروهای تاس ماهی سیبری، در پاسخ به شدت های مختلف نور محیطی در یک چرخه نوری شبانه روزی مورد بررسی قرار گرفت. پاسخ های رفتاری پیش لاروهای تاس ماهی سیبری، در برابر چرخه نوری روزانه (۵۰۰ لوکس به مدت ۱۶ ساعت، ۵ لوکس به مدت ۴ ساعت، و کمتر از ۰/۵ لوکس به مدت ۴ ساعت) و ویژگی های فتوتاکی در شرایط تاریکی مورد بررسی قرار گرفت. پیش لاروهای تاس ماهی سیبری تغییرات کیفی و کمی در الگوهای رفتاری خود را در پاسخ به شدت های مختلف نور در چرخه نوری روزانه نشان دادند. در شرایط روشنایی روز (۵۰۰ لوکس)، پیش لاروها تغییرات جهشی در ویژگی های رفتاری خود از روز صفر تا روز نهم بروز دادند که به ترتیب شامل مراحل بالا آمدن و شناوری، شنا در ستون آب بالایی، شنا در نزدیکی بستر همراه با رثوتاکی، رفتارهای گروهی (تجمعی) و رفتارهای پس از تشکیل گروه بود. در مقایسه با شرایط روشنایی روز، پیش لاروها در شرایط نور کم (۵ لوکس) گرایش بیشتری به شنا در نزدیکی بستر از خود نشان دادند و میزان (کمی) رفتارهای گروهی و پس از گروهی در آنها کاهش یافت. در شرایط تاریکی (کمتر از ۰/۵ لوکس)، پیش لاروها الگوی رفتاری نسبتاً یکنواختی داشتند که با شنای بسترزی در کف مخزن مشخص می شد. در آزمایش های فتوتاکی در تاریکی، پاسخ های حرکتی پیش لاروها به نور نقطه ای با افزایش سن به طور کمی تغییر یافت. واکنش فتوتاکی مثبت در روز دوم به اوج خود رسید، تا روز چهارم ادامه یافت، سپس به تدریج تا روز هشتم کاهش پیدا کرد، و در روز نهم بازیابی جزئی از فتوتاکی مثبت مشاهده شد. یافته های این مطالعه نشان داد که چرخه نوری روزانه و نیز شدت نور در هر بازه از این چرخه باید به عنوان مؤلفه هایی مهم در تدوین دستورالعمل های کاربردی برای ارزیابی میزان سازگاری و

این تراکم‌ها بالاتر بود. همچنین، پروفایل اسیدهای چرب در این لاروها تفاوت معنی‌داری با تراکم‌های بالاتر داشت. با توجه به این نتایج، استفاده از تراکم‌های پایین‌تر در این مراحل رشد (هرچند که از نظر اقتصادی در مزارع تجاری ممکن است مقرون به صرفه نباشد) توصیه می‌گردد. بنابراین، انتخاب تراکم متوسط می‌تواند تعادلی مناسب بین عملکرد لاروی و قابلیت اقتصادی باشد.

Gibert و Williot (۱۹۹۷)، رفتار لارو و اثر زمان‌بندی تغذیه‌ی اولیه بر رشد و بقای لاروهای تاس‌ماهی سبیری را در شرایط تولید در مقیاس کوچک در کارگاه تکثیر مورد بررسی قرار دادند. رفتار لاروهای تاس‌ماهی سبیری و تأثیر زمان اولین تغذیه (۵، ۷، ۹، ۱۱، ۱۳، ۱۵ و ۱۷ روز پس از خروج از تخم) در شرایط دمایی ۱۸ درجه سانتی‌گراد بررسی شد. لاروهای تازه تفریخ‌شده (کمتر از ۱ روز سن) و لاروهای ۱ تا ۳ روزه، به نور بسیار حساس بودند و رفتار شنای عمودی و رانش در جریان آب از خود نشان دادند. لاروهای ۴ تا ۸ روزه بیشتر در کف مخزن تجمع پیدا کرده و رفتار فتوتاکی مثبت و کف‌زی از خود نشان دادند. لاروهای ۹ و ۱۰ روزه، فعال‌تر بودند و در کف مخزن به صورت پراکنده شنا می‌کردند. در این سن، کیسه زرده تقریباً تخلیه شده و تغذیه‌ی بیرونی آغاز می‌شود. شروع تغذیه با خروج رنگدانه از غده‌ی ملانین ارتباط مثبت داشت. در دسترس بودن غذا، به‌طور معنی‌داری باعث بهبود بقا، وزن بدن و سرعت رشد ویژه‌ی لاروها گردیده، اما کمبود غذا موجب بروز رفتار غیرطبیعی نشد.

توصیه‌های ترویجی

- ضروری است به رفتار لاروها پس از تفریخ تخم‌ها، تا شروع تغذیه فعال و پس از شروع تغذیه فعال جهت ارزیابی سلامت، کیفیت لاروها و مناسب بودن شرایط پرورش و تعیین زمان شروع تغذیه بیرونی توجه گردد.

درصد در چندین گونه گزارش شده است. با رشد لاروها، امکان تغذیه از ذرات غذایی بزرگ‌تر افزایش می‌یابد. حس بویایی محرک‌های با فاصله بیشتر را تشخیص داده، در حالی که حس لامسه و حس چشایی محرک‌های نزدیک‌تر را تشخیص می‌دهند. حس بینایی در لاروهای بیشتر گونه‌های ماهی، نقش برجسته‌تری در تشخیص طعمه دارد. بهر حال، برخی گونه‌ها بدون وابستگی به نور، قادر به تغذیه و رشد در شدت نور کم، در آبهای کدر یا در تاریکی می‌باشند. این گونه‌ها می‌توانند غذا را با کمک اپی‌تلیوم حس بویایی و حس چشایی (محرک شیمیایی)، اندام‌های حسی پوستی، خط جانبی و یا اندام‌های گیرنده الکتریکی تشخیص دهند. توان دید در نور کم در بین گونه‌ها متفاوت بوده و تغییرات در طیف نوری بسته به مراحل رشد و نمو لارو، ممکن است بر فعالیت، رفتار تغذیه‌ای و رشد لارو تأثیر بگذارد (Ronnestad et al., 2013).

نقش تراکم و زمان شروع تغذیه بر لارو تاس‌ماهی

سبیری

در تحقیقی که توسط Zhang و همکاران (۲۰۲۰) انجام شد، اثر تراکم‌های مختلف بر رشد، توسعه عضلات و وضعیت استرس لاروهای تاس‌ماهی سبیری بررسی گردید. نتایج نشان داد که تراکم‌های پایین‌تر باعث افزایش نرخ رشد ویژه و توسعه عضلات فیزیولوژیک شدند. همچنین، سطح کورتیزول در این تراکم‌ها پایین و تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (نشانگر عدم بلوغ کامل محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-آدرنال در این مرحله از توسعه بود).

در تحقیقی که توسط Aidos و همکاران (۲۰۱۸)، منتشر شد، اثر تراکم‌های مختلف بر رشد، توسعه عضلات و ترکیب اسیدهای چرب در لاروهای تاس‌ماهی سبیری بررسی گردید. نتایج نشان داد که لاروهای پرورشی در تراکم‌های پایین‌تر وزن بیشتری داشتند و نرخ تکثیر سلولی عضلات در

لاروی. پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی، دوره ۱۰، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، صفحات ۲۳۰-۲۱۵.

Aidos, L., Vasconi, M., Abbate, F. and Bertotto, D., 2019. Effects of stocking density on reared Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) larval growth, muscle development and fatty acids composition in a recirculating aquaculture system. *Aquaculture Research*, 50 (2), pp. 588-598.

Gisbert, E. and Williot, P., 1997. Larval behavior and effect of the timing of initial feeding on growth and survival of Siberian Sturgeon (*Acipenser baerii*) Larvae under small scale hatchery production. *Aquaculture*, 156, pp. 63-76.

Kim, E. J., Park, Ch. and Nam, Y. K., 2019. Ontogenetic behavior of farm-bred Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*) prelarvae in a diel photoperiodic cycle: behavioral modifications in response to light intensity. *Fishery and Aquatic Sciences*, 22(4), pp. 1-10.

Kim, E. J., Chulhong Park, Ch. and Nam, Y. K., 2020. Behavioral characteristics of a chondrosteian sturgeon species *Acipenser baerii* prelarvae in response to different environmental light intensities in a diel photoperiodic cycle. *Journal Animal Reproduction and Biotechnology*, 35, pp. 45-257.

Rønnestad, I., Yufera, M., Ueberschar, B., Ribeiro, L., Saele, O. and Boglioione, C., 2013. Feeding behaviour and digestive physiology in larval fish: current knowledge, and gaps and bottlenecks in research. *Reviews in Aquaculture*. 5 (1), pp. 559-598.

Wassink, L., Huerta, B., Larson, D., Li, W. and Scribner, K., 2022. Hatchery and wild larval lake sturgeon experience effects of captivity on stress reactivity, behavior and predation risk. *Conservation Physiology*. 10 (1), pp. 1-10
Zhang, Y., Wang, X., and Zhang, X., 2020. How different stocking densities affect growth and stress status of *Acipenser baerii* early stage larvae. *Aquaculture Research*, 51 (6), pp. 2452-2461.

- تغذیه از مقادیر بالای اسید چرب غیر اشباع DHA توسط لارو ماهی، می‌تواند موجب بروز رفتار تجمعی زودتر در لاروها گردد.

- کمبود اسید چرب DHA می‌تواند موجب شنای غیر عادی و کاهش رفتار شنا در فاز تشکیل دستجات (حالت تجمعی) گردد.

- باید توجه گردد که رفتارهای تجمعی رئوتاکی و غیر رئوتاکی با رفتار پس از دسته شدن در قبل از شروع تغذیه بیرونی اشتباه نشود.

- چربی‌ها و ترکیب آنها در غذای مولدین بویژه اسیدهای چرب غیر اشباع n-3، همچنین کیفیت و کمیت پروتئین‌ها، می‌توانند بر کیفیت تخم‌ها و موفقیت آمیز بودن تکثیر مولدین تأثیرگذار باشند.

- افزایش مقدار اسید چرب غیر اشباع n-3 به جیره غذایی لارو، می‌تواند موجب افزایش قابلیت تفریح لاروها گردد.

- جیره غذایی حاوی ۱۰ درصد روغن ماهی، می‌تواند موجب افزایش موفقیت در تکثیر، باروری، وزن انفرادی تخم‌ها، افزایش میزان تخمک در هربار تخم‌ریزی، کل میزان چربی تخم‌ها، افزایش میزان تفریح و بازماندگی لاروها در مقایسه با جیره‌های غذایی حاوی ۴ درصد روغن ماهی گردد.

منابع

کاظمی، ر.، نوری، ف.، بانی، ع.، حسینی‌نجدگرمی، ا.، یزدانی‌ساداتی، م. ع.، ۱۳۹۵. اثرات دوره‌های مختلف نوری و شدت نور بر رشد، بازماندگی و تغییرات حجم کیسه زرده لارو تاس‌ماهی ایرانی (*A. persicus*). بوم‌شناسی آبزیان، دوره ۵، شماره ۴، صفحات ۸۹-۱۰۲.

کاظمی، ر.، کاظمی، م.، محمدیان، ت.، و مصباح، م.، ۱۴۰۱. اثر متقابل دوره نوری و شدت نور بر عملکرد رشد، ایمنی و بازماندگی فیل ماهی (*Huso huso*) پرورشی در مرحله

The importance of sturgeon larval behavior recognition in improving their farming management

Reza Ghorbani Vaghei^{*1}, Saleh Mohammadi², Mahmoud Mohseni¹, Zabihollah Pajand¹,
Toraj Sohrabi¹

1- International Sturgeon Research Institute, Iranian Fisheries Science Research Institute,
Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran.

2- Guilan Jihad-agriculture Organization, Rasht, Iran.

* Corresponding Author: Ghorbani_V2@Yahoo.com

Abstract

Behavioral changes in the early stages of the larvae, can be a useful guide for fish breeders to determine the onset time of exogenous feeding, the quality and the suitability of the rearing conditions. The performance of hatchery including the type of incubator used for hatching the eggs and the high stocking density of the larvae, can cause stress and increase cortisol levels as stress index and affect the survival of larvae. Some unsaturated fatty acids, mainly docosahexaenoic acid (DHA), can affect specific behavioral features, such as aggregation behavior (schooling formation) in the initial larvae. Feeding on high levels of DHA by fish larvae can cause earlier aggregate behavior in larvae. DHA deficiency can cause abnormal swimming and decreased swim behavior in the schooling phase formation. The onset of exogenous feeding is accompanied by the completion of schooling behavior during daytime hours, dispersion of them in the bottom of the tank and completion of their yolk sac. Among the behaviors that larvae show, we can mention these cases: the upward movement towards the surface of the water with active drift of posterior trunk of the body and tail, then the non - active settlement of the larvae in the bottom, before start active swimming upward (negative geotaxis and drifting behavior), the initial early corner-gathering (non-dense school-like accumulation), pelagic and benthic swimming, accumulation of large numbers of pre - larvae in the tank corner (early corner - gathering), the high density accumulation of a large number of positive reotaxis school-like larvae in the tank bottom (rheotaxis schooling), accumulation of large numbers of larvae in the tanks corner (with slow water current), by active movement of the trunk and tail to the center of the tank (non-reotaxis behavior) and the dispersed and distributed at the tank bottom, with slow movement and without activity, is a sign of the onset of post schooling behavior. Other behaviors observed during the larval stage include phototaxis (attraction to light) and cannibalism the latter being particularly pronounced in more carnivorous and voracious species, such as the beluga sturgeon. Cannibalism tends to occur when larval food supplies are scarce and can result in significant larval mortality. Overall, it is essential to monitor larval behavior both from hatching until the onset of active feeding and during the active feeding phase to assess larval health and quality, evaluate rearing conditions, and determine the appropriate time to initiate exogenous feeding.

Key words: Behavior, Larvae, Sturgeon, Rearing management