اثر تزریق هورمون تیروکسین بر عملکرد رشد و تولیدمثل مولدین ماده استرلیاد (*Acipenser ruthenus*)

حامد عبداله پور[۱]
بهرام فلاحتکار[۲,*]
ایرج عفت پناه[۳]
بهمن مکنت خواه[٤]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد شیلات، دانشکده منابع طبیعی گیلان، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۲. گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی گیلان، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۳،۴ مرکز بازسازی ذخایر و حفاظت از ذخایر ژنتیکی ماهیان دریایی شادروان دکتر یوسف پور، سیاهکل، گیلان، رشت، ایران

***مسئول مکاتبات:**
falahatkar@guilan.ac.ir

کد مقاله:۱۳۹۸۰۱۰۵۸۷
تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۲۲
این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد است.

چکیده

هورمون‌های تیروئیدی [تری یدوتیرونین (T3) و تیروکسین (T4)] نقش‌های مهمی در فرآیندهای زیستی مانند رشد، بلوغ جنسی، تنظیم اسمزی، تحمل دمایی، مهاجرت، مصرف اکسیژن و متابولیسم در بسیاری از گونه‌های ماهیان ایفا می‌کند. این مطالعه باهدف بررسی اثرات تزریق هورمون T4 بر عملکرد رشد و تولیدمثل ماهی استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) انجام پذیرفت. به این منظور سه گروه آزمایشی با دو تکرار برای هر گروه و پنج عدد ماهی (وزن متوسط آغازین ۳۷/۱۵ ± ۷۰۷/۹۷ گرم) به ازای هر گروه در نظر گرفته شد. تیمارهای آزمایش شامل تیمار ۱- کنترل (روغن نارگیل)، ۲- سطح پایین هورمون (T_1) T4، 1 میلی‌گرم T4 به ازای هر کیلوگرم وزن بدن + روغن نارگیل) و ۳- سطح بالای هورمون (T_{10}) T4، 10 میلی‌گرم T4 به ازای هر کیلوگرم وزن بدن + روغن نارگیل) بودند. چهار دوره تزریق به‌صورت داخل صفاقی در ماهی ماده استرلیاد هر ۲ ماه به مدت ۱۷۰ روز انجام گردید. تغییرات عملکرد رشد، عملکرد تولیدمثل مولدین و عملکرد رشد لارو در انتهای دوره اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که عملکرد رشد ماهیانی که دوز بالای هورمون T4 را دریافت کرده بودند بالاتر از دیگر گروه‌ها بود. ماهیان در تیمار T_{10} بالاترین نرخ لقاح (۰/۶ ± ۷۳/۴ درصد) را نسبت به تیمار کنترل (۲/۲ ± ۴۶/۱ درصد) نشان داد ($P<0/05$). بیشترین تعداد تخمک در گرم در تیمار کنترل (۸/۶ ± ۱۳۴/۳) به دست آمد. همچنین، بیشترین میزان تخم گشایی به ترتیب در تیمارهای T_1 (۲/۲ ± ۸۲/۰۰ درصد) و T_{10} (۵/۰ ± ۷۲/۳ درصد) به دست آمد ($P<0/05$). بالاترین و کمترین وزن کسب‌شده لاوری به ترتیب در تیمار T_{10} (۰/۰ ± ۰/۰۵۲ گرم) و کنترل (۰/۰ ± ۰/۰۲۷ گرم) به دست آمد. با توجه به نتایج، عملکرد رشد لارو نشان داد لاروهای حاصل از مولدین تیمار T_{10} بیشترین وزن کسب‌شده، نرخ رشد ویژه، فاکتور وضعیت و نرخ بقا را دارا هستند. بر اساس مطالعه حاضر، هورمون تیروکسین در دوز ۱۰ میلی‌گرم به ازای کیلوگرم وزن بدن می‌تواند سبب اثرات مثبت بر رشد، عملکرد فیزیولوژیک و تولیدمثل در مولدین ماده و لارو ماهی استرلیاد گردد.

واژگان کلیدی: تیروکسین، تزریق، رشد، تولیدمثل، *Acipenser ruthenus*

مقدمه

اغلب در غده تیروئید هورمون تیروکسین (T_4) تولید می‌شود و تولید تری یدوتیرونین (T_3) کمتر است. در بافت‌های هدف مانند کبد و آبشش‌ها تیروکسین به شکل فعال‌تر آن یعنی تری یدوتیرونین تبدیل می‌شود. این تبدیل توسط هورمون‌های رشد و تستوسترون، تسریع و توسط کورتیزول مهار می‌شود. هورمون‌های تیروئیدی در کنترل سوخت‌وساز، رشد، تنظیم اسمزی، تجمع رنگ‌دانه‌های پوست، تکامل و متامورفیسم نقش دارند (نوری موگهی و همکاران، ۱۳۹۰). بسیاری از اعمال فیزیولوژیک هورمون‌های تیروئید هنوز به‌خوبی مشخص نشده است اما شواهدی وجود دارد که هورمون‌هایT_3 و T_4 مولکول‌های مهمی در توسعه و دگرشکلی در همه مهره‌داران می‌باشند. در ماهیان، هورمون‌های تیروئیدی به داخل

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-06]

تخم‌ها منتقل می‌شود و برای توسعه جنینی و لاروی ضروری می‌باشند (Power *et al*., 2001). بافت تیروئید در ماهیان با تولید T_4 و T_3 اثرات مستقیم بر روی متابولیسم، رشد و دگردیسی می‌گذارد (Brown *et al*., 1989). همچنین در ماهیان پهن دیده‌شده است که در طول دوره دگردیسی، باعث توسعه دستگاه گوارش ماهی می‌گردد (Inui and Miwa, 1985, Piñuela *et al*., 2004). علاوه بر این، هورمون‌های تیروئیدی در بقا، رشد و توسعه لارو ماهیانی که چنین دگردیسی‌هایی ندارند، نیز اثر می‌گذارد (Lam, 1980, Urbinati *et al*., 2008).

هورمون‌های تیروئیدی نقش مهمی را در مراحل ابتدایی تکامل در دوزیستان (Galton, 1988) و ماهیان (Tagawa and Hirano, 1987) ایفا می‌نمایند و در تخم و لاروهای تازه تخم گشایی شده وجود دارند (Tagawa and Hirano, 1991). این هورمون‌ها در خون ماهیان ماده بر اساس چرخه‌های تولیدمثلی تغییر می‌کنند (Cyr *et al*., 1988; Kang *et al*., 1998). آن‌ها به درون تخمدان منتقل می‌شوند و در طول بلوغ تخمدان و در تخمک تجمع می‌یابند (Weber *et al*., 1992; Ayson and Lam, 1993; Mylonas *et al*., 1994). در ماهی باس راه‌راه دریایی (*Morone saxatilis*) سطوح بالای هورمون تیروئید در تخم ماهی باعث نرخ رشد بالاتر لاروها می‌شود (Brown *et al*., 1989). تحقیقات نشان داده است هنگامی‌که هورمون‌های تیروئیدی به‌صورت خارجی در اختیار ماهیان قرار می‌گیرد، باعث افزایش معنی‌دار تجمع رنگ‌دانه‌ها در بافت‌ها، نرخ تخم گشایی و رشد، پر کردن کیسه شنا، توسعه عضله و ظرفیت متابولیسمی لارو، تسریع تکامل (دگردیسی) اندام‌ها، افزایش سیستم ایمنی و افزایش نرخ بقا می‌گردد (Lam, 1980; Inui and Miwa, 1985; Brown *et al*., 1989; Tagawa *et al*., 1991; Ayson and Lam, 1993; Tachihara *et al*., 1997; Kang and Chang, 2004; Lam *et al*., 2005; Walpita *et al*., 2007; Landines *et al*., 2010).

نتایج مطالعات نشان می‌دهند که کارایی تغذیه، درصد غذادهی، درجه حرارت آب و اندازه ماهی ازجمله عوامل اقتصادی هستند که قابلیت تولید تجاری ماهیان را تعیین می‌کنند (Lee *et al*., 2016; Cai *et al*., 2017). به دلیل ارزش اقتصادی و غذایی بسیار بالای گوشت و خاویار از یک‌سو و کاهش میزان ذخایر این ماهیان در تمام زیستگاه‌های طبیعی آن‌ها از سوی دیگر، تکثیر و پرورش آن‌ها از سال‌ها پیش موردتوجه بسیاری از کشورهای جهان قرارگرفته و پیشرفت‌های چشمگیری به همراه داشته است (Abdollahpour and Falahatkar, 2017; Abdollahpour *et al*., 2017). مدیریت صحیح مولدین در قبل و زمان تخم‌ریزی، تولید تخم و لارو باکیفیت جهت بازسازی ذخایر و پرورش بچه ماهی را در پی دارد. در بسیاری از گونه‌ها ازجمله ماهیان خاویاری به علت کیفیت مناسب‌تر مولدین و حفظ تنوع ژنتیکی در رهاسازی، مولدین برای تکثیر از محیط طبیعی صید می‌شوند.

کسب دانش درباره هورمون‌ها، آنزیم‌ها و سایر شاخص‌های مؤثر درروند تولیدمثل ماهی در محیط‌های مصنوعی، زمینه دستیابی به اطلاعات مهمی در رابطه با تولیدمثل آبزیان را فراهم می‌کند. با دستیابی به یافته‌های علمی در دهه‌های اخیر، دانش شناخت غدد درون‌ریز وارد مرحله نوینی شده است، به‌طوری‌که به‌منظور کنترل تولیدمثل و توسعه روند تکثیر و پرورش آبزیان، علم فیزیولوژی غدد داخلی ماهیان از اهمیت و جایگاه ویژه‌ای برخوردار است و کنترل هورمونی به‌عنوان ابزاری کارآمد برای تکثیر و پرورش آبزیان به کار می‌رود. امروزه استفاده از فن‌های پرورشی جهت بازسازی ذخایر در حال انقراض و ایجاد شرایط رسیدگی مطلوب در شرایط مصنوعی از اهمیت بیشتری برخوردار است (چبانوف و گالیچ، ۲۰۱۱؛ فلاحتکار و همکاران، ۱۳۹۵). مطالعات مختلفی پیرامون اثرات هورمون‌های تیروئیدی بر رشد و تولیدمثل ماهیان انجام‌شده است. در ماهی باس راه‌راه دریایی سطوح بالای هورمون تیروئید در تخم ماهی باعث نرخ رشد بالاتر لاروها می‌شود (Brown *et al*., 1989). چندین مطالعه نشان از تأثیر تزریق مادری هورمون‌های تیروئیدی در افزایش رشد و نرخ بقا در لاروهای تازه تخم گشایی شده ماهیانی مانند استرلیاد (Abdollahpour and Falahatkar, 2017)، تیلاپیا (*Oreochromis mossambicus*) (Lam, 1980)، باس راه‌راه (Brown *et al*., 1988) و خرگوش ماهی لکه زرد (*Siganus guttatus*) (Ayson and Lam, 1993) داشته است. Urbinati و همکاران (۲۰۰۸) عملکرد رشد و تخم گشایی لاروهای ماهی تترای آمازون (*Brycon amazonicus*) را بعد از تزریق مولدین هورمون T_3 با دوز ۱۰ و ۲۰

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-06]

میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن موردبررسی قراردادند. نتایج نشان داد تیمار هورمونی اثری بر زمان تخم گشایی نداشت. با افزایش هورمون تیروئید، بدشکلی لاروها کاهش یافت. لاروهایی که تحت تیمار هورمونی قرار گرفتند وزن بالاتری را از خود نشان دادند.

ماهی استرلیاد کوچک‌ترین عضو خانواده ماهیان خاویاری است که به علت شرایط زیستی و رسیدگی جنسی کوتاه‌تر آن نسبت به دیگر ماهیان خاویاری و کمبود مولدین وحشی نسبت به سایر گونه‌های خاویاری اغلب به‌عنوان یک الگوی زیستی در نظر گرفته می‌شود (Williot *et al.*, 2005). جنس ماده استرلیاد پس از ۴ سال قابلیت تولید خاویار و یا تکثیر مصنوعی را خواهد داشت (فلاحتکار و عفت پناه، ۱۳۹۵). بنابراین، در تولید خاویار پرورشی در مزارع بسیاری از کشورهای اروپایی به این‌گونه توجه ویژه‌ای شده و مورد پرورش قرارگرفته است چراکه هزینه‌های نگهداری و بلوغ زودرس، این‌گونه را در زمره ماهیان موردعلاقه پرورش قرار داده است. همچنین امروزه برای توسعه و ترویج آبزی‌پروری به بسیاری مناطق دنیا ازجمله ایران معرفی‌شده است (Falahatkar, 2018).

به دلیل اهمیت ماهیان خاویاری و گونه استرلیاد ازنظر ارزش اقتصادی، توجه به موارد ذکرشده در تکثیر این‌گونه دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد و از طرفی تکثیر و تولید انبوه و باکیفیت لارو و بچه ماهی استرلیاد با استفاده از فن‌های هورمونی از موارد ضروری برای پیشرفت در آبزی‌پروری این دسته از ماهیان ارزشمند است. ازآنجایی‌که یکی از مشکلات صنعت پرورش ماهیان خاویاری، تلفات بالای لاروی در مرحله انکوباسیون و شروع تغذیه فعال هست و با توجه به اثرات مثبت و عملکرد هورمون‌های تیروئید (تیروکسین و تری یدو تیرونین) در کنترل رشد و تکامل اندام‌های اصلی در مراحل تکامل جنینی و لاروی، این مطالعه باهدف بررسی اثر تزریق هورمون تیروکسین بر عملکرد رشد و تولیدمثل در ماهی استرلیاد انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

مراحل اجرای پرورش و تکثیر ماهیاندر کارگاه تکثیر و پرورش شادروان یوسف پور، واقع در شهرستان سیاهکل، استان گیلان انجام شد. برای انجام این آزمایش ابتدا ۹۰ مولد ماده چهارساله بیومتری شده و مرحله رسیدگی تخمک در آن‌ها توسط شاخص قطبیت هسته بررسی شد (Dettlaff *et al.*, 1993). سپس تعداد ۳۰ عدد ماهی که ازلحاظ مرحله رسیدگی تخمک و وزن تقریباً یکسان بودند انتخاب شدند. ماهیان موردمطالعه در شروع آزمایش دارای میانگین وزنی ۳۷/۱۵ ± ۷۰۷/۹۷ (میانگین ± SE) گرم و میانگین طول کل ۰/۶۹ ± ۵۱/۲۳ سانتیمتر بودند. وزن و طول ماهیان به ترتیب با دقت یک گرم و یک سانتیمتر اندازه‌گیری شد. این پژوهش پس از دو هفته سازگاری ماهیان با شرایط موجود، در مهرماه ۱۳۹۵ با تزریق هورمون و تغذیه ماهیان شروع و در اردیبهشت ۱۳۹۶ عملیات اجرایی آن به اتمام رسید.

جهت انجام این مطالعه از شش تانک بتنی گرد به قطر ۱۸۵ سانتی‌متر، سطح مقطع ۲/۷ مترمربع و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر بود، استفاده گردید. ارتفاع آب برای همه حوضچه‌ها به‌صورت مساوی و معادل ۰/۵ ± ۳۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد و حجم آب هر حوضچه ۰/۲ ± ۹۴۰/۷ لیتر بود. دبی آب ورودی به تانک‌های پرورشی به‌طور متوسط ۰/۳ ± ۱۳ لیتر در هر دقیقه بود. منبع تأمین آب نیز رودخانه دیسام (خارود) سیاهکل بود. ۳۰ ماهی انتخاب‌شده پس از بیومتری به‌طور تصادفی در سه تیمار و دو تکرار در تانک‌ها توزیع شدند. دمای آب به‌طور روزانه توسط دماسنج و اکسیژن محلول آب به‌طور هفته‌ای با دستگاه پی اچ- اکسی متر (WTW 340i, Xylem Company, Germany) اندازه‌گیری و ثبت شدند. میانگین دمای آب در طول دوره ۰/۳۴ ± ۱۱/۹۶ سانتی‌گراد بود. دوره نوری متأثر از شرایط محیط طبیعی کارگاه بود. جمع‌آوری غذای خورده نشده به‌صورت روزانه و شستشوی تانک‌ها در زمان زیست‌سنجی ماهیان انجام گرفت. تغذیه ماهیان روزانه با استفاده از غذای مخصوص ماهیان خاویاری (فرادانه، شهرکرد، ایران) و به‌صورت دستی و در حد سیری در سه وعده غذایی در ساعات ۱۰ صبح، ۳ بعدازظهر و ۹ شب انجام گردید. تجزیه تقریبی غذای ماهیان حاکی از وجود ۴۴ درصد پروتئین خام، ۱۶ درصد چربی خام، ۴ درصد فیبر خام بود و سایز پلت‌ها ۸ میلی‌متر بود.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-06]

در مطالعه حاضر تأثیر تزریق هورمون تیروکسین بر عملکرد رشد، تولیدمثل و فیزیولوژیک مولدین پرورشی به مدت ۱۷۰ روز مورد ارزیابی قرار گرفت. ابتدا هورمون تیروکسین (Merck, Darmstadt, Art. 12511, P 681311) در ۱ میلی‌لیتر الکل اتانول (رازی، خوزستان، ایران) حل گردید و سپس با استفاده از روغن نارگیل (Vijayan and Leatherland, 1989) به حجم موردنیاز طبق وزن ماهی رسانده شد (یک میلی‌لیتر به ازای هر کیلوگرم وزن بدن). مولدین استرلیاد با پودر گل میخک با دز ۴۰۰ قسمت در میلیون بی‌هوش شدند (Ghiasi *et al.*, 2017) و سپس در ۳ تیمار و ۲ تکرار (۵ عدد ماهی در هر تکرار) شامل ۱)- کنترل، تزریق داخل صفاقی روغن نارگیل (شرکت نرمک، تبریز، ایران) (C)، ۲)- دوز پایین هورمون تیروکسین، تزریق داخل صفاقی ۱ میلی‌گرم هورمون T4 به ازای کیلوگرم وزن بدن (T_1) و ۳)- دوز بالای هورمون تیروکسین، تزریق داخل صفاقی ۱۰ میلی‌گرم هورمون T4 به ازای کیلوگرم وزن بدن (T_{10}) مورد تزریق قرار گرفتند. تزریق هورمون به ماهیان مولد در ۴ مرحله و در مدت‌زمان ۱۷۰ روز انجام گرفت. دوز مصرفی هورمون برای تیمارها بر اساس مطالعه Khalil و همکاران (۲۰۱۱) انتخاب شد.

برای آگاهی از عملکرد هورمون بر روند رشد در طول دوره آزمایش، زیست‌سنجی ماهیان هر ۳۰ روز یک‌بار صورت گرفت. جهت اطمینان از خالی شدن دستگاه گوارش ماهی، ۲۴ ساعت قبل از انجام بیومتری غذادهی قطع گردید. در زمان بیومتری سعی بر این بود کمترین میزان دست‌کاری روی ماهی انجام شود و برای جلوگیری از بروز استرس مضاعف هرگونه دست‌کاری ماهی بااحتیاط کامل و در کمترین زمان ممکن انجام شد. بدین منظور ماهی‌ها صید و سریعاً به محلول عصاره پودر گل میخک با دوز ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر منتقل می‌گردید (Ghiasi *et al.*, 2014) و وزن ماهیان به‌صورت انفرادی اندازه‌گیری شد.

پس از سپری شدن ۱۷۰ روز از تزریق دوره‌ای هورمون تیروکسین، غذادهی به ماهیان قطع شد. ۴ روز بعد، پس از رسیدن به دمای مناسب تکثیر (۱۵ تا ۱۶ درجه سانتی‌گراد) و اطمینان از رسیدگی جنسی و آمادگی، ماهیان تکثیر شدند. القای تخم‌ریزی در ماهیان با تزریق هورمون LHRH-A_2 (San Sheng، Ningbo، China) صورت گرفت. ماهیان با ۴۰۰ppm عصاره گل میخک بی‌هوش شدند. سپس هورمون موردنظر در ناحیه عضله پشتی تزریق شد (Williot *et al.*, 2005). تزریق ماهیان ماده در دو مرحله و با دوز ۴ µg از هورمون مذکور به ازای هر کیلوگرم وزن بدن انجام شد (Szczepkowski *et al.*, 2013) تزریق ماهیان نر با دوز ۲ µg/ kg BW هم‌زمان با تزریق مرحله دوم ماهیان ماده و در یک نوبت انجام شد. در مرحله اول (۹ شب) ۱۵ درصد از میزان هورمون در نظر گرفته در سرم فیزیولوژی حل‌شده و به ازای هر کیلو وزن بدن ۱ میلی‌لیتر از محلول تزریق شد. به فاصله ۱۲ ساعت بعد (۹ صبح) تزریق مرحله دوم به میزان ۸۵ درصد دوز تعیین‌شده صورت گرفت.

پس از ۲۰ ساعت از زمان اولین تزریق، هر یک ساعت ماهیان به‌صورت تکی معاینه شده و با مشاهده سیال شدن تخمک در محوطه شکمی و خروج آن از منفذ تناسلی ماهیان تکثیر شدند. تکثیر به روش برش مجرای تخمک‌بر انجام شد (Pourasadi *et al.*, 2009). مجموع عملیات تخم‌کشی برای هرماهی ۱ تا ۲ دقیقه طول کشید. تخمک‌های هرماهی به‌طور جداگانه جمع‌آوری و بعد از جدا کردن مایع تخمدانی توسط یکپارچه توری با ترازوی با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شد. یک نمونه حدوداً ۱ گرمی از تخمک هرماهی برداشته و تعداد تخمک شمارش شد تا تعداد تخمک در هر گرم تعیین گردد. همچنین هماوری کاری و هماوری نسبی با استفاده از رابطه‌های زیر تعیین گردید (Bromage and Cumaranatunga, 1988):

رابطه ۱: وزن نمونه (گرم) / وزن کل تخمک استحصالی (گرم) × تعداد تخمک در هر نمونه = هم آوری کاری

رابطه ۲: وزن بدن (گرم) / هم آوری کاری = هم آوری نسبی به ازای وزن

بعد از گذشت ۱۲ ساعت از تزریق ماهیان نر، ماهیان معاینه شده و اسپرم آن‌ها توسط سرنگ ۵۰ میلی‌لیتر از ناحیه منفذ تناسلی استحصال شد (Jähnichen *et al.*, 1999). قبل از استفاده از اسپرم، فعالیت آن‌ها با قرار دادن یک قطره از اسپرم روی لام و رقیق کردن آن با آب طبق

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-06]

روش‌های مرسوم ارزیابی شد و ماهیان باکیفیت بالای اسپرم انتخاب شدند (Fauvel *et al.*, 2010). با اطمینان از کیفیت مواد استحصالی، از اسپرم ۳ ماهی جهت لقاح تخم هرماهی استفاده شد و این دو طبق روش‌های معمول در تکثیر خاویاری به مدت ۵ دقیقه باهم به‌آرامی مخلوط شدند. پس‌ازاین مدت با محلول گل رس ۱۰ درصد آماده‌شده و استریل به مدت ۴۵ دقیقه شستشو داده شدند. در پایان تخم‌ها در مدت ۵ دقیقه چند مرتبه آبکشی شدند و پس از گذشت ۲۵ دقیقه به‌منظور جذب آب به انکوباتورهای یوشچنکو در نظر گرفته‌شده منتقل شدند. شدت‌جریان انکوباتورها برای همه تیمارهای یکسان و ۰/۲۲ ± ۳/۴ لیتر در هر دقیقه در نظر گرفته شد (Ghiasi *et al.*, 2017).

زمان پاسخ به القای هورمونی از زمان تزریق هورمون به مولدین تا زمان رسیدگی نهایی مولدین ثبت گردید. در ارتباط با هماوری کاری و نسبی، تمام تخم استحصالی ماهیان توزین و ثبت گردید. برای بررسی میزان لقاح و میزان تخم گشایی ۱۵ گرم از تخم‌های سه ماهی از هر تیمار در سبدهای پلاستیکی جداگانه با اندازه (۱۵ × ۱۵ × ۳۰ سانتی‌متر) قرار داده شد (۳ تکرار برای هر تیمار). نرخ لقاح شش ساعت پس از لقاح و در مرحله تقسیم چهار سلولی با بررسی ۲۰۰ تخم از هر تکرار در زیر لوپ آزمایشگاهی به دست آمد (Williot *et al.*, 2005). نرخ تخم گشایی با بررسی ۴۰۰ عدد تخم از هر تکرار در زیر لوپ به دست آمد. زمان تخم گشایی (درجه- ساعت) در فاصله بین زمان لقاح تا زمان تخم گشایی ثبت گردید (میانگین دما در فاصله لقاح تا تخم گشایی ۰/۴ ± ۱۵/۶ درجه سانتی گراد). برای سنجش قطر تخمک ۲۵ عدد تخمک از هرماهی جدا و از کولیس دیجیتالی کالیپر (Guanglu, China) برای این اندازه‌گیری استفاده گردید.

به‌منظور بررسی اثر تزریق هورمون تیروکسین بر عملکرد رشد لارو ماهی استرلیاد، ۵۰ لارو فاقد کیسه زرده از هر تیمار در دو تکرار در ۶ سبد دایره‌ای به ابعاد ۵۵ سانتی‌متر قطر و ۲۵ سانتی‌متر عمق درون یک تانک پرورشی (قطر ۱۸۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر) به مدت ۱۴ روز مورد پرورش قرار گرفتند. میانگین دمای پرورش در طول دوره ۰/۲۹ ± ۱۵/۸۶ سانتی‌گراد بود. دبی آب ورودی به تانک‌های پرورشی به‌طور متوسط ۰/۱۶ ± ۵/۰۷ لیتر در هر دقیقه در نظر گرفته شد. منبع تأمین آب نیز رودخانه دیسام (خرارود) سیاهکل بود. لاروها شش بار در طول شبانه‌روز با استفاده از ناپلی تازه هچ شده آرتمیا (*Artemia franciscana*) مورد تغذیه قرار می‌گرفتند. بعد از ۱۴ روز پرورش تمامی لاروها با استفاده از ساچوک مخصوص گرفتن لارو صید و وزن (با ترازوی ۰/۰۰۰۱ گرم)، طول کل (میلی‌متر) و عملکرد رشد لاروها موردبررسی قرار گرفت. شاخص‌های رشد شامل نرخ رشد ویژه SGR (درصد/ روز)، وزن کسب‌شده WG (گرم)، درصد افزایش وزن بدن BWI، فاکتور وضعیت CF و نرخ بقا SR (درصد) در هر یک از گروه‌ها با استفاده از رابطه‌های زیر تعیین شد:

رابطه ۳:

$$SGR\ (\%/day) = 100 \times (L_n W_f - L_n W_i) / (t)$$

$L_n W_f$ = لگاریتم وزن نهایی

$L_n W_i$ = لگاریتم وزن اولیه

$WG\ (g) = Final\ weight - initial\ weigh$

Final weight = وزن نهایی

Initial weight = وزن اولیه

t = مدت پرورش

رابطه ۴:

$$CF = WG / (Total\ length)^3 \times 100$$

Total length = طول کل

$$SR\ (\%) = (number\ of\ dead\ larva / number\ of\ total\ larva) \times 100$$

number of dead larva= تعداد لارو تلف‌شده

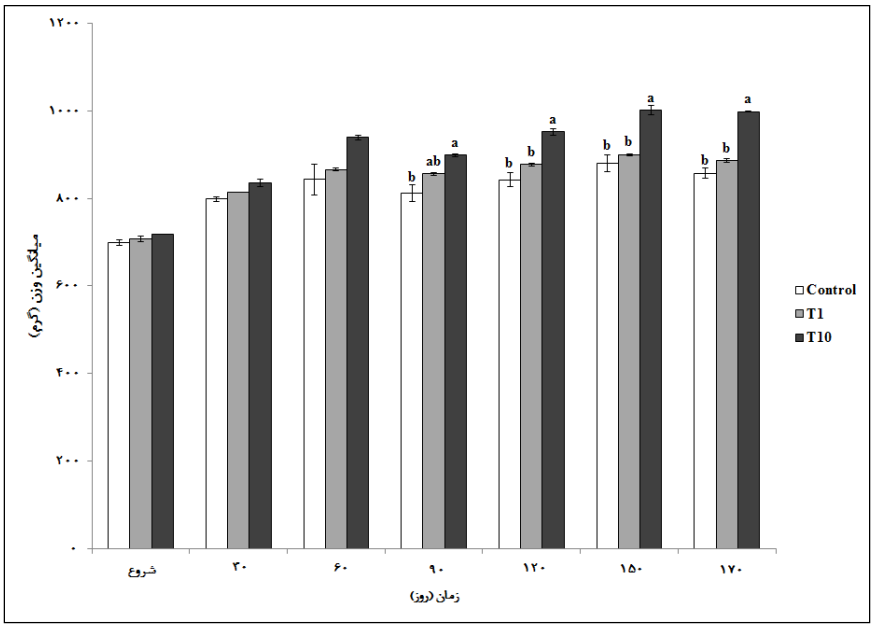
number of total larva= تعداد کل لارو

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-06]

ثبت داده‌ها در نرم‌افزار Excel (Microsoft, 2007) انجام گرفت و از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ جهت تجزیه‌وتحلیل داده‌ها استفاده شد. پس از کنترل همگن بودن داده‌ها با روش Levene و نرمال بودن داده‌ها به‌وسیله آزمون Kolmogorov-Smirnov، نتایج برای بررسی تغییرات پارامترهای اندازه‌گیری شده در مطالعه در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری بین ماهیان از آزمون One-Way ANOVA استفاده شد و از آزمون Duncan به‌عنوان Post Hoc برای سطح معنی‌دار بودن استفاده شد. اختلاف معنی‌دار آماری با سطح $P < ۰/۰۵$ در نظر گرفته شد. داده‌های این مطالعه به‌صورت میانگین ± خطای استاندارد (SE) نشان داده‌شده است.

نتایج

نتایج حاصل از بررسی تغییرات وزن در شکل ۱ ارائه‌شده است. نتایج حاکی از این امر بود که در بین تیمارهای مختلف به لحاظ تغییرات وزنی در زیست‌سنجی‌های اول، دوم و سوم اختلاف معنی‌داری یافت نشد ($P >۰/۰۵$). این در حالی بود که وزن ماهیان هورمون تراپی شده در مقایسه با ماهیان تیمار کنترل اختلاف معنی‌داری را در بیومتری های چهارم، پنجم، ششم و هفتم به نمایش گذاشتند ($P <۰/۰۵$). به‌طورکلی در بین تیمارهای هورمونی، بیشترین میانگین وزن در تیمار سطح بالای هورمون تیروکسین مشاهده گردید. در پایان مطالعه، بیشترین میانگین وزنی به میزان ۲ ± ۹۹۸ گرم در ماهیان تیمار T_{10} و کمترین آن به میزان ۱۴/۷ ± ۸۵۷/۵ گرم در ماهیان تیمار کنترل مشاهده گردید.



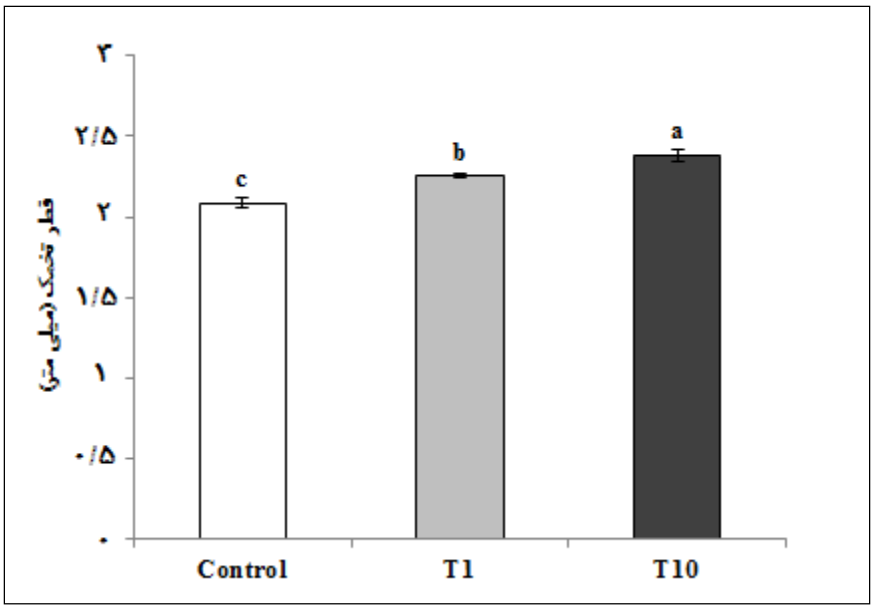
شکل ۱: روند تغییرات وزن بدن مولدین استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) تحت تزریق دوره‌ای مختلف هورمون تیروکسین طی آزمایش ۱۷۰ روزه

(میانگین ± SE). حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنادار در بین تیمارهای مختلف در زمان‌های مختلف است ($P < ۰/۰۵$).

نتایج حاصل از تزریق هورمون تیروکسین پس از ۱۷۰ روز پرورش نشان داد تفاوت معنی‌داری در ارتباط بازمان پاسخگویی به تزریق هورمون در تیمار دوز بالای هورمون بیشترین زمان و در تیمار کنترل کمترین زمان را به خود اختصاص دادند (جدول ۱). بیشترین میزان هماوری کاری در

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-06]

تیمار کنترل و کمترین میزان هماوری کاری در تیمار T_{10} نشان داده شد. میزان هماوری نسبی در تیمار کنترل بیشترین و در تیمار T_{10} دارای کمترین میزان در بین تیمارها بود و این اختلاف معنی‌دار بود. تیمار T_{10} کمترین و تیمار کنترل بیشترین تعداد تخمک در یک گرم را دارا بودند. بالاترین نرخ لقاح در تیمار T_{10} به میزان ۰/۶ ± ۷۳/۳۹ درصد و کمترین میزان نرخ لقاح ۲/۲ ± ۴۶/۰۹ درصد در تیمار کنترل نشان داده شد. بالاترین میزان نرخ تخم گشایی به ترتیب در تیمارهای T_1 و T_{10} نشان داده شد و کمترین نرخ تخم گشایی در تیمار کنترل وجود داشت. در ارتباط بازمان تخم گشایی تیمار دوز بالای هورمون بیشترین زمان و تیمار کنترل کمترین زمان را به خود اختصاص دادند. همچنین بررسی‌های انجام‌شده در خصوص قطر تخمک نشان داد، بزرگ‌ترین قطر تخمک متعلق به تیمار T_{10} با اندازه ۰/۳ ± ۲/۳۸ میلی‌متر و کوچک‌ترین قطر تخمک متعلق به تیمار کنترل با اندازه ۰/۳ ± ۲/۰۹ میلی‌متر بوده است (شکل ۲).



شکل ۲: اثر سطوح مختلف هورمون تیروکسین بر قطر تخمک ماهی مولد استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) پس از ۱۷۰ روز پرورش.

داده‌ها به‌صورت میانگین ± SE ارائه‌شده‌اند (برای هر ماهی n= ۲۵). وجود حروف متفاوت در هر ستون نشانه وجود اختلاف معنی‌دار هست ($P < ۰/۰۵$).

نتایج حاصل از تزریق هورمون تیروکسین پس از ۱۷۰ روز پرورش بر عملکرد رشد لارو نشان داد که تفاوت معنی‌داری در ارتباط با پارامترهای رشد وجود دارد (جدول ۲). پس از ۱۴ روز پرورش بیشترین مقدار وزن انتهایی لاروی در تیمار T_{10} و کمترین مقدار وزن انتهایی لاروی در تیمار کنترل نشان داده شد. کمترین میانگین طول انتهایی در تیمار کنترل و بالاترین میزان میانگین طول انتهایی در تیمار T_{10} نشان داده شد. در ارتباط با وزن کسب‌شده تیمار T_{10} بیشترین مقدار و تیمار کنترل کمترین مقدار را نشان داد. بالاترین مقدار نرخ رشد ویژه در تیمار T_{10} و کمترین مقدار نرخ رشد ویژه در تیمار کنترل به دست آمد. بررسی‌های انجام‌شده پیرامون فاکتور وضعیت نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف وجود دارد. بالاترین مقدار نرخ بقا در تیمار T_{10} به میزان ۲ ± ۷۰ درصد و پایین‌ترین مقدار نرخ بقا در تیمار کنترل به میزان ۴ ± ۴۶ درصد نشان داده شد.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-06]

جدول ۱: نتایج پارامترهای تولیدمثلی مولدین ماده استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) تزریق‌شده با سطوح مختلف هورمون تیروکسین پس از ۱۷۰ روز مطالعه.

گروه‌های آزمایش	زمان پاسخ به القای هورمونی (ساعت)	هماوری کاری	هماوری نسبی	نرخ لقاح (درصد)	تعداد تخمک در گرم	نرخ تخم گشایی (درصد)	زمان تخم گشایی (درجه- ساعت)
Control	۲۶/۱۲ ± ۰/۵۹^{c}	۷۰۵۷/۵۶ ± ۵۱۶/۳۳^{a}	۹/۰۸ ± ۰/۳۸^{a}	۴۶/۰۹ ± ۲/۲۱^{c}	۱۳۴/۲۶ ± ۸/۶۵^{a}	۴۲/۶۳ ± ۸/۲۷^{b}	۱۶۲۲/۴ ± ۱/۵۳^{c}
T1	۳۱/۱۳ ± ۰/۹۶^{b}	۴۶۱۶/۰۵ ± ۲۸۲/۴۷^{b}	۶/۰۱ ± ۰/۵۴^{b}	۶۶/۰۸ ± ۱/۷۱^{b}	۱۰۴/۵۹ ± ۴/۵۹^{b}	۸۲/۰۰ ± ۲/۲۳^{a}	۱۷۷۳/۲۵ ± ۱/۷۶^{b}
T10	۴۵/۷۵ ± ۱/۷۲^{a}	۳۵۸۷/۱۱ ± ۶۴۷/۰۸^{b}	۳/۸۹ ± ۰/۶۱^{b}	۷۳/۳۹ ± ۰/۶۲^{a}	۱۰۲/۵۹ ± ۸/۴۵^{b}	۷۲/۲۹ ± ۵/۰۴^{a}	۱۹۲۶/۲۵ ± ۱/۲۲^{a}

مقادیر به‌صورت میانگین ± SE و n = ۱۰ بیان‌شده است. وجود حروف متفاوت در هر ستون نشانه وجود اختلاف معنی‌دار هست ($P < ۰/۰۵$).

جدول ۲: نتایج عملکرد رشد در لارو مولدین ماهی استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) تزریق‌شده با سطوح مختلف هورمون تیروکسین پس از ۱۴ روز مطالعه.

گروه‌های آزمایش	میانگین وزن ابتدایی (گرم)	میانگین طول ابتدایی (میلی‌متر)	میانگین وزن انتهایی (گرم)	میانگین طول انتهایی (میلی‌متر)	وزن کسب‌شده (گرم)	نرخ رشد ویژه (درصد/روز)	فاکتور وضعیت	نرخ بقا (درصد)
Control	۰/۰۱۷ ± ۰/۰۰۱	۹ ± ۰/۰۰	۰/۰۴۴ ± ۰/۰۰۳^{b}	۱۰/۳۵ ± ۰/۰۵^{b}	۰/۰۲۷ ± ۰/۰۰۳^{b}	۶/۷۹۱ ± ۰/۵۳۱^{b}	۰/۳۰ ± ۰/۰۰^{b}	۴۶ ± ۴^{b}
T1	۰/۰۱۷ ± ۰/۰۰۱	۱۰ ± ۰/۰۰	۰/۰۵۴ ± ۰/۰۰۰^{b}	۱۲ ± ۰/۲۱^{a}	۰/۰۳۷ ± ۰/۰۰۰^{b}	۸/۲۲۰ ± ۰/۰۴۸^{a}	۰/۳۱ ± ۰/۰۰^{b}	۵۷ ± ۳^{a}
T10	۰/۰۱۷ ± ۰/۰۰۱	۱۰/۵ ± ۰/۰۰	۰/۰۶۹ ± ۰/۰۰۳^{a}	۱۲/۰۵ ± ۰/۰۵^{a}	۰/۰۵۲ ± ۰/۰۰۳^{a}	۹/۹۶۹ ± ۰/۲۷۱^{a}	۰/۳۹ ± ۰/۰۰^{a}	۷۰ ± ۲^{a}

مقادیر به‌صورت میانگین ± SE و n = ۱۰۰ برای هر تیمار بیان‌شده است. وجود حروف متفاوت در هر ستون نشانه وجود اختلاف معنی‌دار هست ($P < ۰/۰۵$).

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-06]

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که تزریق هورمون T4 باعث افزایش رشد در ماهیان استرلیاد می‌گردد بطوریکه این افزایش رشد در دوز بالای هورمون T4 به‌مراتب بیشتر از دوز پایین هورمون مذکور بود و بیشترین میزان افزایش وزن در ماهیان تیمار T_{10} و کمترین میزان در ماهیان تیمار کنترل مشاهده شد. در ارتباط با اثر هورمون تیروکسین بر رشد در ماهیان مطالعات محدودی وجود دارد و تاکنون مطالعه‌ای دراین‌ارتباط در ماهیان خاویاری صورت نگرفته است. این اختلاف وزن به دوز هورمون به کار گرفته‌شده مربوط است چراکه دوز پایین‌تر در افزایش وزن ماهی تأثیر چندانی نداشت. با توجه به نتایج این مطالعه و سایر تحقیقات به‌عمل‌آمده روی ماهیان استخوانی به نظر می‌رسد که هورمون‌های تیروئیدی برای رشد نرمال ضروری می‌باشند و استفاده از دوزهای بالاتر، اثر آنابولیک از خود به نمایش می‌گذارند، درحالی‌که دوزهای پایین‌تر این هورمون ممکن است کارایی مصرف غذا را کاهش دهند و اثرات کاتابولیک داشته و منجر به ناهنجاری‌های رشد گردند، البته در مطالعه حاضر اثرات کاتابولیک در تیمار T_1 مشاهده نگردید و در تیمار کنترل کمترین میزان رشد نسبت به سایر تیمارها به دست آمد. بررسی‌های صورت گرفته نشان داده است که در دوزهای فیزیولوژیک این هورمون از طریق افزایش سنتز پروتئین، گلیکوژنز و ارتباط سینرژیست با سایر هورمون‌ها نظیر هورمون رشد، اثرات خود را القا می‌بخشند درحالی‌که دوزهای فارماکولوژیک باعث کاهش رشد، کاهش مصرف غذا، افزایش گلیکوژنولیز، کاتابولیسم پروتئین‌ها و چربی‌ها و کاهش ترشح هورمون رشد می‌گردند (Higgs *et al.*, 1982; Plisetskaya *et al.*, 1983; Lou and McKeown, 1991; Eales and Brown, 1993).

در مطالعه حاضر اثر بلندمدت تزریق هورمون تیروکسین بر مولدین استرلیاد قبل از اوولاسیون موردبررسی قرار گرفت. مطالعه حاضر نشان داد در ارتباط بازمان پاسخ به القای هورمونی تفاوت معنی‌داری در تیمارهای مشاهده‌شده وجود دارد. بیشترین زمان در تیمار T_{10} و کمترین آن در تیمار کنترل مشاهده شد. در ارتباط با اثر تیروکسین بر زمان پاسخ به القای هورمونی تاکنون مطالعه‌ای صورت نگرفته است. در مطالعه حاضر به نظر می‌رسد افزایش اندازه تخم باعث شده که ماهیان تحت تیمار T_{10} نسبت به ماهیان تیمار کنترل بافت گناد بزرگ‌تری داشته باشند. با توجه به این مسئله تأخیر در زمان اوولاسیون در ماهیان تیمار T_{10} به‌این‌علت است که زمان طولانی‌تری نیاز هست تا القای هورمونی در سراسر گناد اثر گذاشته و باعث اوولاسیون شود. هماوری بیانگر تعداد تخم استحصال‌شده در تکثیر از هرماهی (هماوری کاری) و یا تعداد تخم‌های تولیدشده نسبت به وزن بدن (هماوری نسبی) است که تحت تأثیر عوامل درونی و بیرونی قرار می‌گیرد (Izquierdo *et al.*, 2001). مطالعات انجام‌شده بیان می‌کنند که میزان هماوری تنها به طول و وزن ماهی وابسته نبوده و تحت تأثیر مواد غذایی در دسترس مولدین ازجمله ویتامین‌ها در فصل تولیدمثل است (Dube, 1993; Duray *et al.*, 1994) بیان‌شده که افزایش هماوری در ماهیان ممکن است به علت اثرات مواد غذایی بر هیپوفیز و افزایش میزان تولید هورمون و در پی آن افزایش تخم‌ریزی باشد (Izquierdo *et al.*, 2001). در مطالعه حاضر، بیشترین میزان هماوری در تیمار کنترل مشاهده شد که به نظر می‌رسد این افزایش هماوری در ارتباط با افزایش هورمون استرادیول و همچنین اندازه ریزتر تخمک‌های ماهی نیز باشد چراکه این تیمار بیشترین میزان هورمون استرادیول را نسبت به سایر تیمارها داشت.

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد تیمارT_{10} کاهش معنی‌داری در تعداد تخمک در هر گرم نسبت به تیمار کنترل داشت و همچنین افزایش نسبی در میزان هماوری مشاهده شد که دلیل کاهش تعداد تخمک در گرم در تیمار T_{10} را می‌توان به‌اندازه بزرگ تخمک در ماهیان تیمار T_{10} نسبت داد. بررسی انجام‌شده در خصوص قطر تخمک نشان داد بزرگ‌ترین قطر متعلق به تیمار T_{10} و کوچک‌ترین قطر تخمک متعلق به تیمار کنترل بوده است. مطالعات مختلفی در خصوص اثر هورمون‌های تیروئیدی بر رشد و توسعه گنادها در گونه‌های مختلف ماهیان استخوانی صورت گرفته است. مطالعات انجام‌شده روی قزل‌آلای رنگین‌کمان نشان داد که جلوگیری از فعالیت غده تیروئیدی با استفاده از داروهای ضد تیروئیدی، شاخص گنادوسوماتیک را در ماهی قزل‌آلا کاهش می‌دهد درحالی‌که تیمار با جیره‌های حاوی هورمون T3 باعث افزایش این شاخص می‌شود

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-06]

(Cyr and Eales, 1988). مطالعه Subburaju و همکاران (۱۹۹۸) در خصوص رهش آهسته هورمون T4 به مولدین تیلاپیای موزابیک (*Oreochromis mossambicus*) نشان داد قطر تخمک‌ها در ماهیان تیمار شده با هورمون از ماهیان کنترل بیشتر بود. همچنین نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که کاشت هورمون T4 باعث افزایش غلظت این هورمون در تخم و درنتیجه طول لاروهای تازه تفریخ شده می‌شود. مطالعه دیگری روی ماهی زبرا (*Danio rerio*) نشان داد که استفاده از پروپیل تیوراسیل، اندازه اووسیت های بالغ را کاهش می‌دهد (Van der Ven *et al.*, 2006). مطالعه روی گربه‌ماهی آفریقایی (*Clarias gariepinus*) نیز نشان داد که استفاده از تیوره به‌عنوان یک داروی کاهش‌دهنده فعالیت‌های غده تیروئید، مانع از رشد و توسعه فولیکول‌های تخمدان می‌شود، درحالی‌که استفاده از هورمون T4 رشد تخمدان‌ها را افزایش می‌دهد (Supriya *et al.*, 2005).

در مورد چگونگی عملکرد هورمون‌های تیروئیدی بر رشد و توسعه گنادی ماهیان اطلاعات چندانی وجود ندارد. بسیاری از محققین بر این باورند که این هورمون‌ها از طریق میل ترکیبی بسیار زیاد با پذیرنده خاص خود که در هسته سلول‌های هدف قرار دارند پیوندیافته و با اثری که بر روی مرحله رونویسی و سنتز mRNA می‌گذارند نقش بیولوژیک خود را به انجام می‌رسانند (Cyr and Eales, 1996; Power *et al.*, 2001). از سوی دیگر، اتصال هورمون‌های تیروئیدی به گیرنده‌های خاص خود بر سطح غشا، باعث فعال شدن آدنیلیل سیکلاز در غشا می‌شود که درنتیجه ساخت آدنوزین مونوفسفات حلقوی در درون سلول افزایش می‌یابد. آدنوزین مونوفسفات حلقوی به‌عنوان پیامبر ثانویه، پروتئین کیناز را فعال می‌کند و باعث فسفریلاسیون متعدد در سرتاسر سلول و رشد بافت می‌شود (Cyr and Eales, 1996; Raine *et al.*, 2011). علاوه بر موارد ذکرشده، اثرات هورمون T3 روی رشد و توسعه گنادها می‌تواند به دلیل ارتباط متقابل این هورمون با هورمون رشد و عوامل رشد شبه انسولینی (IGF-I) باشد. مطالعات نشان داده است که هورمون‌های تیروئیدی در مرحله بیان ژن هورمون‌های مذکور مؤثر بوده و فعالیت آن‌ها را افزایش می‌دهد تا بدین ترتیب هورمون رشد و IGF-I بیشتری تولید گردد. بنابراین می‌تواند در پروتئین‌سازی و رشد تأثیر بگذارد (Luo and McKeown, 1991; Schmid *et al.*, 2003).

افزایش اندازه تخمک در ماهیان به علت افزایش تجمع ویتلوژنین است. ویتلوژنین پیش ساز خاص پروتئینی برای زرده تخمک است که در کبد ماهیان ماده و در پاسخ به هورمون ۱۷- بتا استرادیول ساخته می‌شود (Kime *et al.*, 1999). ویتلوژنین، در ماهیان خاویاری ماده مولکول گلیکوفسفولیپوپروتئینی بزرگی است که از لیپید (حدود ۲۰٪) و مقدار قابل‌توجهی کربوهیدرات تشکیل‌شده است (Lu, 2009). با توجه به اهمیت تیروکسین در سنتز کربوهیدرات (Plisetskaya *et al.*, 1983; Fynn-Aikins *et al.*, 1998)، به نظر می‌رسد افزایش هورمون‌های تیروئیدی در پلاسمای ماهیان و متعاقب آن در تخمک ماهیان باعث افزایش ویتلوژنین و درنهایت درشت‌تر شدن اندازه تخمک شده باشد. بالاترین نرخ لقاح در تیمار T_{10} و کمترین میزان نرخ لقاح در تیمار کنترل نشان داده شد. همچنین، بالاترین میزان نرخ تخم گشایی به ترتیب در تیمارهای T_1 و T_{10} نشان داده شد و کمترین نرخ تخم گشایی در تیمار کنترل وجود داشت. در ارتباط بازمان تخم‌گشایی، تیمار T_{10} بیشترین زمان و تیمار کنترل کمترین زمان را به خود اختصاص دادند. Pham و Le (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای گزارش کردند که استفاده از هورمون تیروکسین تأثیری بر نرخ لقاح و هماوری خرگوش ماهی (*Siganus guttatus*) ندارد. Lam و Sharma (۱۹۸۵) نیز اعلام کردند که نرخ تخم گشایی در ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) تحت تیمار تیروکسین افزایش می‌یابد.

گزارش‌شده است هنگامی‌که هورمون‌های تیروئیدی در ماهیان به‌کاربرده می‌شود بهبود عملکرد رشد لارو و نرخ بقا در ماهیان مختلف رخ می‌دهد (Higgs *et al.*, 1992; Woo *et al.*, 1991). در مطالعه حاضر بیشترین مقدار WG، SGR، CF و SR لاروی در تیمار T_{10} و کمترین مقدار در تیمار کنترل ثبت شد. بسیاری از محققین نشان داده‌اند که هورمون‌های تیروئیدی می‌توانند باعث افزایش فعالیت تغذیه‌ای و اشتها (Woo *et al.*, 1991)، بهبود جذب مواد مغذی و ضریب تبدیل غذایی (Higgs *et al.*, 1982; Garg, 2007) در ماهیان می‌شوند. همچنین هورمون‌های تیروئیدی باعث ارتقای سیستم گوارشی شده و توانایی لارو ماهیان را برای استفاده بهینه از مواد غذایی افزایش می‌دهند و باعث

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-06]

بهبود عملکرد رشد و نرخ بقا در لارو ماهیان می‌گردند (Khalil *et al.*, 2011). در مطالعه دیگری نشان داده‌شده است که هورمون‌های تیروئیدی می‌توانند لاروهای باکیفیت بهتری ازنظر رشد و نرخ بقا ایجاد نمایند (Kang and Chang, 2004). در تحقیق حاضر بهبود عملکرد رشد لاروی در ماهیان به‌وسیله تزریق هورمون T4 به مولدین با دوز ۱۰ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم به دست آمد و می‌توان بیان کرد که عملکرد رشد و بقای لارو ماهی استرلیاد وابسته به دوز هورمون به‌کاربرده است. تحقیقات در ماهیان مختلف مانند خامه ماهی (*Chanos chanos*) (Lam *et al.*, 1985)، کپور هندی (*Cirrhina mrigala*) (Kaur, 1998)، ماهی آزاد چام (*Oncorhynchus keta*) (De Jesus and Hirano 1992) نیز نشان می‌دهند که هورمون‌های تیروئیدی باعث بهبود عملکرد رشد می‌شوند وابسته به دوز هورمون مصرفی می‌باشند.

این مطالعه نشان داد تزریق هورمون T4 در مولدین اثر آنابولیک داشته و باعث افزایش رشد در ماهی استرلیاد می‌شود و شاخص‌های رشد را در تیمار T_{10} بهبود می‌بخشد. نتایج مشخص کرد که تزریق T4 بر برخی از پارامترهای تولیدمثلی ماهیان تزریق‌شده با T4 اثر دارد به‌طوری‌که بیشترین نرخ لقاح و اندازه تخمک در تیمار T_{10} دیده شد که درنتیجه آن تخم‌هایی با ذخیره غذایی بیشتر ایجاد گردید. همچنین بررسی عملکرد رشد لارو نشان داد که لاروهایی که از ماهیان مولد تیمار T_{10} به‌دست‌آمده‌اند از عملکرد رشد و نرخ بقا بالاتری نسبت به دیگر لاروها برخوردار هستند. این نتایج می‌تواند راه گشای توسعه روش‌های نوین در بهبود فرایند رشد، متابولیسم، تولیدمثل و عملکرد رشد لاروی در ماهیان خاویاری باشد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از همکاری خانم مهندس نغمه جعفری و مساعدت آقایان مهندس حسینعلی زمانی، دکتر مهدی رحمتی و مهندس عرفان اکبری تشکر می‌نماییم. هزینه‌های مربوط به این طرح تحقیقاتی با شماره پروژه ۹۵۸۳۱۱۱۰ توسط صندوق پژوهشگران و فناوران کشور تأمین گردیده است. لذا از همکاری این سازمان نیز تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

چبانوف، س.، گالیچ، ا.، ۲۰۱۱. دستورالعمل مراکز تکثیر ماهیان خاویاری. انتشارات تحقیقات آموزش کشاورزی، ترجمه: فلاحتکار، ب. (۱۳۹۶)، ۳۳۱ ص.

فلاحتکار، ب. و عفت پناه، ا.، ۱۳۹۵. بیولوژی و فیزیولوژی ماهیان خاویاری دریای خزر. انتشارات دانشگاه گیلان، ۲۴۷ ص.

فلاحتکار، ب.، بذرافشان، ح. و اسدی، م.، ۱۳۹۵. تأثیر هورمون LHRH-A2 بر سطوح استروئیدهای جنسی، شاخص‌های استرس و برخی پارامترهای بیوشیمیایی پلاسما در مولد ماده استرلیاد (*Acipenser ruthenus*). فصلنامه علمی پژوهشی علوم و فنون شیلات، ۳: ۱۲۱-۱۳۶.

نوری موگهی، س. م. ح.، نبوی، س. م. ب.، محمودزاده ثاقب، ح. ر.، حیدری، ز.، مروتی، ح. و موحدنیا، ع. ع.، ۱۳۹۰. فیزیولوژی ماهیان. انتشارات دانشگاه تهران، ۲۹۸ ص.

Abdollahpour, H. and Falahatkar, B., 2017. Improve growth performance in Sterlet Sturgeon *Acipenser ruthenus* larvae subsequent thyroxine injection to broodstock. 8th International Symposium on Sturgeons. Vienna, Austria.

Abdollahpour, H., Falahatkar, B., Efatpanah, I. and Meknatkhah, B., 2017. Effect of intraperitoneal thyroxine injection on hematological indices in Sterlet sturgeon *Acipenser ruthenus* broodstock; a preliminary result. 8th International Symposium on Sturgeons. Vienna, Austria.

Ayson, F. G. and Lam, T. J., 1993. Thyroxine injection of female rabbitfish (*Siganus guttatus*) broodstock: changes in thyroid hormone levels in plasma, eggs, and yolk-sac larvae, and its effect on larval growth and survival. Aquaculture, 109: 83-93.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-06]

Bromage, N. and Cumaranatunga, R., 1988. Egg production in the rainbow trout. In Recent advances in aquaculture (pp. 63-138). Springer, Netherlands.

Brown, C. L., Doroshov, S. I., Nunez, J. M., Hadley, C., Vaneenennaam, J., Nishioka, R. S. and Bern, H. A., 1988. Maternal triiodothyronine injections cause increases in swimbladder inflation and survival rates in larval striped bass, (*Morone saxatilis*). Journal of Experimental Zoology, 248: 168-176.

Brown, C. L., Doroshov, S. I., Cochran, M. D. and Bern, H. A., 1989. Enhanced survival in striped bass fingerlings after maternal triiodothyronine treatment. Fish Physiology and Biochemistry, 7: 295-299.

Cai, L., Johnson, D., Fang, M., Mandal, P., Tu, Z. and Huang, Y., 2017. Effects of feeding, digestion and fasting on the respiration and swimming capability of juvenile sterlet sturgeon (*Acipenser ruthenus*, Linnaeus 1758). Fish Physiology and Biochemistry, 43: 279-286.

Cyr, D. G. and Eales, J. G., 1988. In vitro effects of thyroid hormones on gonadotropin-induced estradiol-17β secretion by ovarian follicles of rainbow trout, (*Salmo gairdneri*). General and Comparative Endocrinology, 69: 80-87.

Cyr, D. G., MacLatchy, D. L. and Eales, J. G., 1988. The influence of short-term 17β-estradiol treatment on plasma T3 levels and in vitro hepatic T4 5′-monodeiodinase activity in immature rainbow trout, (*Salmo gairdneri*). General and Comparative Endocrinology, 69: 431-438.

Cyr, D. G. and Eales, J. G., 1996. Interrelationships between thyroidal and reproductive endocrine systems in fish. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 6: 165-200.

De Jesus, E. G. T. and Hirano, T., 1992. Changes in whole body concentrations of cortisol, thyroid hormones, and sex steroids during early development of the chum salmon (*Oncorhynchus keta*). General and Comparative Endocrinology, 85: 55-61.

Dettlaff, T. A., Ginsburg, A. S. and Schmalhausen, O. I., 1993. Sturgeon Fishes. Developmental Biology and Aquaculture, 300 p.

Dube, K., 1993. Effect of Vitamin E on the fecundity and maturity of *Heteropneustes fossilis*. Indian Fish Forum, 11-14, October. Pantnagar, India.

Duray, M., Kohno, H. and Pascual, F., 1994. The effect of lipid enriched broodstock diets on spawning and on egg and larval quality of hatchery-bred rabbitfish (*Siganus guttatus*). Philippine Journal of Science, 31: 42-57.

Eales, J. G. and Brown, S. B., 1993. Measurement and regulation of thyroidal status in teleost fish. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 3: 299-347.

Falahatkar, B., 2018. Nutritional requirements of the Siberian sturgeon: An updated synthesis. In: The Siberian Sturgeon (*Acipenser baerii*, Brandt, 1869). Williot, P., Nonnotte, G., Vizziano-Cantonnet, D., Chebanov, M. (Eds.) Volume 1 - Biology. Springer, Cham. pp 207-228.

Fauvel, C., Suquet, M. and Cosson, J., 2010. Evaluation of fish sperm quality. Journal of Applied Ichthyology, 26: 636-643.

Fynn-Aikins, K., Bowser, P., Honeyfield, D.C., Fitzsimons, J.D. and Ketola, G., 1998. Effect of dietary amprolium on tissue thiamin and Cayuga syndrome in Atlantic salmon. Transactions of the American Fisheries Society, 127: 747-757.

Galton, V. A., 1988. The role of thyroid hormone in amphibian development. American Zoologist, 28: 309-318.

Garg, S. K., 2007. Effect of oral administration of l-thyroxine (T4) on growth performance, digestibility, and nutrient retention in *Channa punctatus* (Bloch) and *Heteropneustes fossilis* (Bloch). Fish Physiology and Biochemistry, 33: 347-358.

Ghiasi, S., Falahatkar, B., Dabrowski, K., Abasalizadeh, A. and Arslan, M., 2014. Effect of thiamine injection on growth performance, hematology and germinal vesicle migration in sterlet sturgeon (*Acipenser ruthenus* L). Aquaculture International, 22: 1563-1576.

Ghiasi, S., Falahatkar, B., Arslan, M. and Dabrowski, K., 2017. Physiological changes and reproductive performance of Sterlet sturgeon (*Acipenser ruthenus*) injected with thiamine. Animal Reproduction Science, 178: 23-30.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-06]

Higgs, D. A., Fagerlund, U. H., Eales, J. G. and McBride, J. R., 1982. Application of thyroid and steroid hormones as anabolic agents in fish culture. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry, 73: 143-176.

Inui, Y. and Miwa, S., 1985. Thyroid hormone induces metamorphosis of flounder larvae. General and Comparative Endocrinology, 60: 450-454.

Izquierdo, M. S., Fernández-Palacios, H. and Tacon, A. G. J., 2001. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. Aquaculture, 197: 25-42.

Jähnichen, H., Wamecke, D., Trölsch, E., Kohlmann, K., Bergler, H. and Pluta, H. J., 1999. Motility and fertilizing capability of cryopreserved (*Acipenser ruthenus* L.) sperm. Journal of Applied Ichthyology, 15: 204-206.

Kang, D. Y., Chang, Y. J., Sohn, Y. C. and Aida, K., 1998. Changes in plasma levels of thyroid and sex steroid hormones in rockfish (*Sebastes schlegeli*) during maturation and parturition periods. Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 31: 574-580.

Kang, D. Y. and Chang, Y. J., 2004. Effects of maternal injection of 3, 5, 3′-triiodo-l-thyronine (T3) on growth of newborn offspring of rockfish (*Sebastes schlegeli*). Aquaculture, 234: 641-655.

Kaur, A. K., 1998. Relative efficacy of dietary administration of 3, 5, 3′-triiodothyronine (T3) to different stages of an Indian major carp (*Cirrhina mrigala* (Hamilton)): growth and economics. Aquaculture Research, 29: 835-841.

Khalil, N. A., Allah, H. M. K. and Mousa, M. A., 2011. The effect of maternal thyroxine injection on growth, survival and development of the digestive system of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) larvae. Advances in Bioscience and Biotechnology, 2: 320-329.

Kime, D. E., Nash, J. P. and Scott, A. P., 1999. Vitellogenesis as a biomarker of reproductive disruption by xenobiotics. Aquaculture, 177: 345-352.

Lam, T. J., 1980. Thyroxine enhances larval development and survival in (*Sarotherodon mossambicus* Ruppell). Aquaculture, 21: 287-291.

Lam, T. J., Juario, J. V. and Banno, J., 1985. Effect of thyroxine on growth and development in post-yolk-sac larvae of milkfish (*Chanos chanos*). Aquaculture, 46: 179-184.

Lam, S. H., Sin, Y. M., Gong, Z. and Lam, T. J., 2005. Effects of thyroid hormone on the development of immune system in zebrafish. General and Comparative Endocrinology, 142: 325-335.

Lam, T. J. and Sharma, R., 1985. Effects of salinity and thyroxine on larval survival, growth and development in the carp, *Cyprinus carpio*. Aquaculture, 44: 201-212.

Landines, M. A., Sanabria, A. I., Senhorini, J. A. and Urbinati, E. C., 2010. The influence of triiodothyronine (T3) on the early development of piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). Fish Physiology and Biochemistry, 36: 1291-1296.

Lee, S., Haller, L. Y., Fangue, N. A., Fadel, J. G. and Hung, S. S. O., 2016. Effects of feeding rate on growth performance and nutrient partitioning of young-of-the-year white sturgeon (*Acipenser transmontanus*). Aquaculture Nutrition, 22: 400-409.

Lu, X., 2009. Determining sexual maturity in White sturgeon (*Acipenser transmontanus*) to maximize yield and quality of caviar. Washington state university. Chapter 1. A review of white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) female reproductive physiology and its importance for caviar production. 7 p.

Luo, D. and McKeown, B. A., 1991. The effect of thyroid hormone and glucocorticoids on carp growth hormone-releasing factor (GRF)-induced growth hormone (GH) release in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology, 99: 621-626.

Mylonas, C. C., Sullivan, C. V. and Hinshaw, J. M., 1994. Thyroid hormones in brown trout (*Salmo trutta*) reproduction and early development. Fish Physiology and Biochemistry, 13: 485-493.

Pham, H. Q. and Le, H. M., 2016. Effects of thyroxine and domperidone on oocyte maturation and spawning Performances in the rabbit fish, (*Siganus guttatus*). Journal of the World Aquaculture Society, 47: 691-700.

Piñuela, C., Rendón, C., Gonzalez de Canales, M. L. and Sarasquete, C., 2004. Development of the Senegal sole, (*Solea senegalensis*) forebrain. European Journal of Histochemical, 48: 377-384.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-06]

Plisetskaya, E., Woo, N. Y. and Murat, J. C., 1983. Thyroid hormones in cyclostomes and fish and their role in regulation of intermediary metabolism. Comparative Biochemistry and Physiology, 74A: 179-187.

Pourasadi, M., Falahatkar, B. and Azari Takami, G., 2009. Minimally invasive surgical technique for removal of ovulated eggs from Persian sturgeon, *Acipenser persicus*. Aquaculture International, 17: 317-321.

Power, D. M., Llewellyn, L., Faustino, M., Nowell, M. A., Björnsson, B. T., Einarsdóttir, I. E., Canario, A. V. M. and Sweeney, G. E., 2001. Thyroid hormones in growth and development of fish. Comparative Biochemistry and Physiology, Part C, 130: 447‑459.

Raine, J. E., Donaldson, M. D., Gregory, J. W. and Vliet, G. V., 2011. Thyroid disorders. Practical Endocrinology and Diabetes in Children, Third Edition, 116-138.

Schmid, A. C., Lutz, I., Kloas, W. and Reinecke, M., 2003. Thyroid hormone stimulates hepatic IGF-I mRNA expression in a bony fish, the tilapia (*Oreochromis mossambicus*) in vitro and in vivo. General and Comparative Endocrinology, 130: 129-134.

Subburaju, S., Wan, L. S. C. and Lam, T. J., 1998. Effect of administering sustained-release thyroxine microparticles on reproductive performance and egg quality in tilapia (*Oreochromis mossambicus*) broodstock. Journal of Applied Ichthyology, 14: 233-237.

Supriya, A., Raghuveer, K., Swapna, I., Rasheeda, M. K., Kobayashi, T., Nagahama, Y. and Senthilkumaran, B., 2005. Thyroid hormone modulation of ovarian recrudescence of air-breathing catfish (*Clarias gariepinus*). Fish Physiology and Biochemistry, 31: 267-270.

Szczepkowski, M., Kolman, R. and Szczepkowska, B., 2013. Impact of feed ration on growth and the results of sterlet, (*Acipenser ruthenus* L.), artificial reproduction. Aquaculture Research, 46: 2147-2152.

Tachihara, K., El-Zibdeh, M. K., Ishimatsu, A. and Tagawa, M., 1997. Improved seed production of goldstriped amberjack (*Seriola lalandi*) under hatchery conditions by injection of triiodothyronine (T3) to broodstock fish. Journal of the World Aquaculture Society, 28: 34-44.

Tagawa, M. and Hirano, T., 1987. Presence of thyroxine in eggs and changes in its content during early development of chum salmon, (*Oncorhynchus keta*). General and Comparative Endocrinology, 68: 129-135.

Tagawa, M. and Hirano, T., 1991. Effects of thyroid hormone deficiency in eggs on early development of the medaka, (*Oryzias latipes*). Journal of Experimental Zoology, 257: 360-366.

Urbinati, E. C., Vasques, L. H., Senhorini, J. A., Souza, V. L. and Gonçalves, F. D., 2008. Larval performance of matrinxã, (*Brycon amazonicus*), after maternal triiodothyronine injection or egg immersion. Aquaculture Research, 39: 1355-1359.

Van der Ven, L. T., Van den Brandhof, E. J., Vos, J. H., Power, D. M. and Wester, P. W., 2006. Effects of the antithyroid agent propylthiouracil in a partial life cycle assay with zebrafish. Environmental Science and Technology, 40: 74-81.

Vijayan, M. M. and Leatherland, J. F., 1989. Cortisol-induced changes in plasma glucose, protein, and thyroid hormone levels and liver glycogen content of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch* Walbaum). Canadian Journal of Zoology, 67: 2746-2750.

Walpita, C. N., Van der Geyten, S., Rurangwa, E. and Darras, V. M., 2007. The effect of 3, 5, 3′-triiodothyronine supplementation on zebrafish (*Danio rerio*) embryonic development and expression of iodothyronine deiodinases and thyroid hormone receptors. General and Comparative Endocrinology, 152: 206-214.

Weber, G. M., Okimoto, D. K., Richman, N. H. and Grau, E. G., 1992. Patterns of thyroxine and triiodothyronine in serum and follicle-bound oocytes of the tilapia (*Oreochromis mossambicus*) during oogenesis. General and Comparative Endocrinology, 85: 392-404.

Williot, P., Brun, T. R., Rouault, T., Pelard, M., Mercier, D. and Ludwig, A., 2005. Artificial spawning in cultured sterlet sturgeon, (*Acipenser ruthenus* L.), with special emphasis on hermaphrodites. Aquaculture, 246: 263- 273.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-06]

Woo, N. Y. S., Chung, A. S. B. and Ng, T. B., 1991. Influence of oral administration of 3, 5, 3′-triiodo-thyronine on growth, digestion, food conversion and metabolism in the underyearling red sea bream (*Chrysophrys major* (Temminck & Schlegel)). Journal of Fish Biology, 39: 459-468.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-06]

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-06]