مجله علوم و فنون شیلات
دوره ۹ شماره ۲ صفحات ۱۴۳-۱۳۰

عملکرد انکوباسیونی و رشد لارو ماهی قرمز (*Carassius auratus* Linnaeus, 1758) تحت تاثیر دماهای مختلف

مرضیه عباسی[۱]، بهرام فلاحتکار[۱،۲*]، علی بانی[۲،۳]، بهروز حیدری[۲،۳]

۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، گیلان، ایران
۲- گروه علوم دریایی، پژوهشکده حوضه آبی دریای خزر، دانشگاه گیلان، رشت، گیلان، ایران
۳- گروه بیولوژی دریا، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گیلان، رشت، گیلان، ایران

چکـــیده

دمای آب عامل اصلی زیست محیطی حاکم بر توسعه تخم ماهی می‌باشد. در این مطالعه، تاثیر دمای انکوباسیون بر درصد لقاح، نرخ تخم گشایی و رشد در ماهی قرمز (*Carassius auratus*) بررسی شد. تخم کشی و اسپرم کشی با تزریق اواپریم و با روش تکثیر مصنوعی انجام شد. تخم‌ها در چهار دمای ثابت (۲۱، ۲۴، ۲۷ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد) با ۳ تکرار برای هر تیمار دمایی لقاح داده شده، انکوباسیون شده و ۴۰ روز در همان دماها پرورش یافتند. لاروها در همان آکواریوم‌هایی که تفریخ شده بودند و تحت همان شرایط دمایی به مدت ۴۰ روز رشد یافتند. نتایج نشان داد که هیچ تفاوت معنی داری در درصد لقاح تخم‌های انکوباسیون شده در دماهای مختلف مشاهده نشد اما بیشترین درصد لقاح (۹۷٪) در دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد و کمترین درصد لقاح (۹۴٪) در دمای ۲۱ درجه سانتی‌گراد دیده شد. بیشترین زمان لازم برای چشم زدگی و تخم گشایی در دمای ۲۱ درجه سانتی‌گراد و کمترین زمان مورد نیاز در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد ثبت شد ($P < ۰/۰۵$). بالاترین درصد تخم گشایی (۷۴/۴٪) در دمای ۲۴ درجه سانتی گراد دیده شد و با افزایش دمای آب، درصد تخم گشایی کاهش یافت ($P < ۰/۰۵$). اگرچه تیمار دمایی ۳۰ درجه سانتی‌گراد بیشترین رشد طولی، وزنی و نرخ رشد ویژه را نسبت به سایر تیمارهای دمایی نشان داد اما بالاترین میزان ناهنجاری (۱۳٪) نیز در این تیمار دیده شد. در مجموع، بهترین دمای انکوباسیون تخم ماهی قرمز دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد و بهترین دما برای پرورش لارو دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد است.

کـــلید واژه ها: دمای آب ، لقاح، انکوباسیون، *Carassius auratus*

نوع مقـاله

مقاله پژوهشی اصیل

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۲/۲۴

تاریخ پذیرش: ۹۸/۵/۲۵

تاریخ چاپ الکترونیکی: ۹۹/۶/۲۸

***نویسنده مسول:**
Falahatkar@guilan.ac.ir

مقدمه

ماهیان موجودات خونسردی هستند که تمام فرایندهای زندگی‌شان تحت تاثیر دمای آب قرار دارد زیرا بیشتر گونه-های ماهی هیچ گونه توانایی فیزیولوژیک برای تنظیم دمای بدنشان ندارند و به همین دلیل تغییرات دمای آب می‌تواند اثرات دامنه داری بر جمعیت‌ها و بقای گونه‌های آبزی داشته باشد[1]. تاثیر دما بر زیست‌شناسی[2]، انتخاب و تقسیم بندی زیستگاه[3]، نرخ‌های فیزیولوژیک[2] و تولیدمثل ماهیان[4] به طور گسترده‌ای مورد مطالعه قرار گرفته است.

دمای آب در کنترل تمام فرایندهای تولیدمثلی از رشد گامت

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-02]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1399.9.2.6.1]

و بلوغ، تخمک گذاری، تخم‌ریزی و اسپرم ریزی، جنین زایی و تخم گشایی تا رشد و بقای لارو نقش دارد. اثر دما بر تولیدمثل طبیعی موجودات آبزی می‌تواند بسته به زمان تاثیر چرخه‌های حرارتی سالیانه، به طرز متفاوتی بیان شود. دمای آب یکی از مهمترین فاکتورهای فعال کننده واکنش‌های زیستی است که از طریق تاثیر بر محور هیپوتالاموس–هیپوفیز–گناد [HPG] در هماهنگ سازی مراحل نهایی بلوغ و کوتاه کردن فرایندهای تولیدمثلی ماهیان بالغ نقش مهمی ایفا می‌کند[5]. توسعه، رشد و بلوغ گنادها تحت کنترل محور HPG می‌باشد. غده هیپوتالاموس از طریق رهاسازی هورمون‌های آزاد کننده گنادوتروپین، بر غده هیپوفیز اثر گذاشته و با ترشح هورمون‌های پروتئینی LH و FSH بر فیزیولوژی تولیدمثل ماهی اثر می‌گذارد. چنانچه تغییری در دمای آب ایجاد شود، محور HPG از چندین مسیر تحت تاثیر قرار گرفته که در نهایت منجر به تغییر در ساخت و عمل هورمون‌های تولیدمثلی و بروز اثرات جانبی بر بلوغ ماهی و اختلال در تولید اسپرم و تخمک شده که به نوبه خود می‌تواند نسل بعد را تحت تاثیر قرار دهد [6]. دما همچنین رویدادهای اولیه چرخه زندگی ماهیان را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد و ماهیت تاثیر این تغییرات به دوره و دامنه تغییرات دمایی و مرحله ای از زندگی که ماهی با این تغییرات مواجه می‌شود، بستگی دارد [7].

دما عامل اصلی زیست محیطی حاکم بر توسعه تخم ماهی، مراحل جنینی و رشد لاروی می‌باشد [8]. مرحله جنینی یکی از حساس‌ترین مراحل زندگی ماهیان نسبت به دما و تغییرات دمایی است و افزایش کمی در دمای آب مخصوصا در گونه-های گرمسیری می‌تواند مرگ و میر تخم را به طور چشمگیری افزایش دهد [9]. همچنین میزان تحمل حرارتی جنین و لارو ماهیان محدود بوده و تغییرات دمایی می‌تواند اثرات متفاوتی بر این مراحل داشته باشد. در این زمینه مطالعات متعددی وجود دارد که نشان می‌دهد گونه‌های مختلف ماهی برای هر کدام از مراحل تخم گشایی، جنینی، لاروی و بزرگسالی به شرایط دمایی مختلفی نیاز دارند [8, 10]. همچنین محققان بسیاری نشان داده‌اند که تغییر دمای آب می‌تواند نرخ توسعه جنینی، اندازه جنین، درصد جنین‌های غیر طبیعی، مرگ و میر و نرخ رشد و بقای لارو، مخصوصا در گونه‌های گرمسیری را تحت تاثیر قرار دهد [8, 10, 11]. انپه و همکاران، اکنسبور و همکاران و ایمسلند و همکاران به ترتیب تاثیر دمای آب بر عملکردهای انکوباسیونی (درصد لقاح، نرخ تخم گشایی و غیره) ماهی *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822)، (Geoffroy, 1809) *Heterobranchus bidorsalis* و *Cyclopterus lumpus* (Linnaeus, 1758) را مطالعه و بیان کردند که تغییر دمای آب تاثیرات معنی داری بر هر کدام از رویدادهای مرحله انکوباسیون دارد [4, 11, 12]. این موضوع می‌تواند در گونه‌هایی مانند ماهی قرمز که معمولا بر روی پوشش‌های گیاهی شناور و در مکان‌های کم عمق تخم‌ریزی می‌کنند و دمای محیط ممکن است در طول دوره رشد و نمو تغییر کند از اهمیت بیشتری برخوردار باشد [16].

ماهی قرمز (*Carassius auratus*) یک ماهی گرمابی، از راسته کپورماهی شکلان (Cypriniformes) و خانواده کپور ماهیان (Cyprinidae) می‌باشد. این ماهی علاوه بر آنکه می‌تواند نماینده خوبی از تمام کپور ماهیان پرورشی باشد یک مدل آزمایشگاهی بسیار مفید است که رشد و نمو نسبتا سریعی دارد [14]. اسپرم ریزی و تخمک گذاری در این ماهی می‌تواند به راحتی از طریق شبیه سازی محرک‌های طبیعی و یا با استفاده از هورمون تراپی [15] القا شود. به همین جهت این ماهی به‌صورت گسترده‌ای در مطالعات مرتبط با فرایند-های تولیدمثلی مورد استفاده قرار می‌گیرد [13]. هدف این مطالعه بررسی تاثیر دماهای مختلف آب بر لقاح، تخم گشایی و رشد لارو ماهی قرمز به دست آمده از تکثیر مصنوعی می-باشد. اطلاعات مربوط به تحمل حرارتی تخم‌های در حال توسعه همراه با اطلاعات مربوط به لارو (برای مثال، رشد، اندازه بدن و ناهنجاری‌ها) اجازه تعیین محدوده دماهای بهینه برای انکوباسیون را می‌دهند. این اطلاعات نه تنها برای اهداف عملی بلکه از نقطه نظر فیزیولوژیک و زیست محیطی نیز بسیار مهم هستند. اطلاعات کسب شده در زمینه تحمل حرارتی ماهی در محیط طبیعی یا آزمایشگاهی برای ارزیابی اینکه آیا گونه‌های امروزی در حال حاضر قادر به مقابله با

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-02]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1399.9.2.6.1]

تغییرات دمایی هستند یا خیر نیز می‌تواند مفید باشد. از سوی دیگر، با توجه به تلفات قابل ملاحظه تخم در مراحل اولیه زندگی و همچنین به منظور تولید لاروهای با کیفیت‌تر، به‌دست آوردن دمای مطلوب انکوباسیون در آبزیان پرورشی می‌تواند در افزایش راندمان تکثیر کمک به‌سزایی داشته باشد.

مواد و روش‌ها

نمونه ماهی: تعداد ۲ مولد نر (۲/۱۰ ± ۵۶/۱۳ گرم، ۰/۷۰ ± ۲۴/۵۰ سانتی‌متر) و ۱ مولد ماده (۱۵۰/۲۵ گرم، ۳۳ سانتی‌متر) ماهی قرمز در اوایل اردیبهشت ماه ۱۳۹۷ در فصل تکثیر از یک مزرعه پرورشی واقع در شهرستان شفت (گیلان، ایران) تهیه و با استفاده از کیسه‌های پلاستیکی حاوی اکسیژن به آزمایشگاه تکثیر و پرورش دانشکده منابع طبیعی (صومعه سرا، گیلان، ایران) منتقل شدند. مشخصات زیستی ماهیان شامل طول کل با دقت ۱میلی‌متر و وزن کل با دقت ۱ گرم ثبت شد و مولدین نر و ماده به صورت جداگانه در آکواریوم نگهداری شدند.

دوره و شرایط آداپتاسیون مولدین: در زمان صید ماهیان از مزرعه پرورشی، دمای آب ۲۲ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. به منظور ایجاد سازگاری در ماهیان، ماهیان مولد نر و ماده در ۳ آکواریوم ۵۰ لیتری و به صورت جداگانه نگهداری شدند. پس از گذشت ۲۴ ساعت، دمای آب ۱ درجه سانتی‌گراد افزایش داده شد و در طول دو روز از ۲۲ به ۲۴ درجه سانتی‌گراد که دمای مورد نظر برای تکثیر ماهی قرمز بود رسانده شد. پس از آنکه دمای آب آکواریوم‌ها به ۲۴ درجه سانتی‌گراد رسید، به منظور سازگاری با شرایط دمایی جدید، ماهیان به مدت یک هفته در این دما نگهداری و سازگار شدند. دمای آب، اکسیژن محلول و pH به ترتیب ۲۴ درجه سانتی‌گراد، ۷/۵ میلی گرم بر لیتر و ۷/۵ بود. در طول دوره نگهداری، ماهیان مولد ۳ بار در روز و هر بار به میزان ۲٪ وزن بدن با غذای پلت تجاری ماهی کپور (فرادانه، شهرکرد، ایران) محتوی ۳۸-۳۵٪ پروتئین، ۸-۴٪ چربی، ۱۱-۷٪ خاکستر، ۱۱-۵٪ رطوبت، ۱/۵-۱٪ فسفر و ۷-۴٪ فیبر تغذیه شدند. در طول دوره آزمایش ماهیان مولد در دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی ۱۲ ساعت تاریکی نگهداری شدند.

القای تولیدمثل: به منظور القای تولیدمثل در مولدین ماهی قرمز، از اواپریم (سیندل، نانایمو، کانادا) استفاده شد. بدین منظور، ماهیان قبل از تزریق با هورمون، با ۲۵۰ میلی گرم بر لیتر پودر گل میخک بیهوش شدند [21]. سپس مولدین نر و ماده در یک مرحله و به ترتیب با مقدار ۰/۲۵ و ۰/۵ میلی‌لیتر اواپریم حاوی ترکیب مصنوعی از هورمون آزاد کننده گنادوتروپین ماهی آزاد (GnRH) و دامپریدون به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در قاعده باله سینه‌ای و در محل صفاق تزریق شدند [22]. مولدین تزریق شده با نسبت نر به ماده ۱:۲ به یک آکواریوم ۸۰ لیتری با دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. ۱۲ ساعت پس از تزریق هورمون، مولدین آماده تخم کشی و اسپرم کشی بودند. تخم کشی به صورت دستی و با فشار آوردن به ناحیه شکمی مولد ماده صورت گرفت. سپس تخمک‌ها به درون ظروف پلاستیکی منتقل و سپس نمونه اسپرم گرفته شده از هر ۲ ماهی به آن اضافه شد و با استفاده از روش لقاح خشک، تخمک و اسپرم لقاح داده شدند.

انکوباسیون تخم: انکوباسیون تخم ماهی قرمز در ۱۲ آکواریوم ۶۰ لیتری که با آب چاه آبگیری شده و با سنگ و پمپ هوا (Aco-208، گوانگجو، چین) اکسیژن‌دهی می‌شدند، انجام گرفت. آکواریوم‌ها دارای ۴ تیمار دمایی شامل ۲۱، ۲۴، ۲۷ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد و سه تکرار برای هر تیمار بوده و دو روز قبل از معرفی تخم، دمای آب هر کدام از آکواریوم‌ها با استفاده از بخاری (۳۰۰ وات، آکوا، تهران، ایران) ثابت شد. پس از انجام عملیات تکثیر مصنوعی، تخم‌های لقاح یافته، بر روی رشته‌های پلاستیکی (۳۰۰ رشته در هر آکواریوم و قطر هر رشته ۰/۵ میلی‌متر) جای‌گذاری شده در هر آکواریوم ریخته شدند. دمای آب پنج بار در روز در ساعت‌های ۸ صبح، ۱۴ ظهر، ۱۸ عصر، ۲۰ و ۲۴ شب اندازه‌گیری شد. میزان اکسیژن محلول $mg\ L^{-1}$ ۰/۰۲ ± ۷/۴۵ و pH ۰/۰۱ ± ۷/۴ اندازه گیری شد. برای ایجاد روشنایی یکسان در طول دوره تحقیق، از ۱۲ عدد لامپ مهتابی که در بالای هر آکواریوم نصب شده بود استفاده شد. دوره نوری از شروع انکوباسیون تا پایان تخم گشایی ۱۶ ساعت روشنایی (از ۸ صبح تا ۲۴ شب) و ۸ ساعت تاریکی (از ۲۴ شب تا ۸ صبح)

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-02]
[DOR: 20.1001.1.23225513.1399.9.2.6.1]

در نظر گرفته شد. درصد لقاح، شش ساعت پس از لقاح اندازه گیری شد. مدت زمان چشم زدگی و تخم گشایی، درصد چشم زدگی و تخم گشایی از طریق فرمول‌های مربوطه اندازه‌گیری شد [18]:

۱۰۰ × (تعداد کل تخمک‌ها / تعداد تخمک لقاح یافته) = درصد لقاح

۱۰۰ × (تعداد تخمک لقاح یافته / تعداد تخم چشم زده) = درصد چشم زدگی

۱۰۰ × (تعداد تخم چشم زده / تعداد لارو) = درصد تخم گشایی

دوره پرورش: پس از تخم گشایی، رشته‌های پلاستیکی از درون هر آکواریوم برداشته شد و لاروهای تازه از تخم بیرون آمده به مدت ۴۰ روز در همان آکواریومی که انکوباسیون شده بودند، پرورش داده شدند. لاروها به مدت ۱۴ روز با آب سبز (۲۰۰ میلی‌لیتر برای هر آکواریوم) و پودر شیر خشک (۱ گرم برای هر آکواریوم) و پس از آن تا پایان چهلمین روز پرورش با دافنی (۲۰۰ میلی‌لیتر آب محتوی دافنی برای هر آکواریوم) تغذیه شدند. به لاروها روزانه پنج نوبت و در ساعت‌های ۸ صبح، ۱۲ ظهر، ۴ عصر، ۸ و ۱۲ شب غذا داده شد. تعویض آب به صورت روزانه و هر بار به اندازه ۱۰٪ حجم آب موجود در آکواریوم صورت می‌گرفت. میزان اکسیژن محلول $mg\ L^{-1}$ ۰/۰۵ ± ۷/۴۰ و pH ۰/۰۲ ± ۷/۳۵ آب اندازه‌گیری شد. سنجش دمای آب در این مرحله نیز همانند دوره انکوباسیون تخم، پنج بار در روز در ساعت-های ۸ صبح، ۱۴ ظهر، ۱۸ عصر، ۲۰ و ۲۴ شب اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری شاخص‌های رشد: در اولین روز تخم گشایی و در پایان چهلمین روز دوره پرورش، زیست سنجی لارو انجام شد. وزن لارو با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم و طول با خط کش با دقت ۱ میلی‌متر اندازه گیری شد. سپس شاخص‌های رشد مانند وزن نهایی (FW)، طول نهایی (TL) افزایش وزن (WG)، نرخ رشد ویژه (SGR)، درصد افزایش وزن بدن (BWI)، شاخص وضعیت (CF)، افزایش وزن روزانه (ADG) و نرخ بازماندگی (SR) از طریق روابط زیر محاسبه شد [19]:

$WG\ (mg) = W_f - W_i$

W_i: وزن اولیه (میلی گرم)؛ W_f : وزن نهایی (میلی گرم)

$SGR\ (\%/day) = [(\ln W_f - \ln W_i) / t] \times 100$

W_i: وزن اولیه (میلی گرم)؛ W_f : وزن نهایی (میلی گرم)؛ t: طول دوره پرورش (روز)

$BWI\ (\%) = [(W_f - W_i) / W_i] \times 100$

W_i: وزن اولیه (میلی گرم)؛ W_f : وزن نهایی (میلی گرم)

$CF = (W/L^3) \times 100$

W: وزن لارو (میلی گرم) ؛ L: طول لارو (میلی متر)

$ADG\ (\%) = [(W_f - W_i) / (Wf - t)] \times 100$

W_i: وزن اولیه (میلی گرم)؛ W_f : وزن نهایی (میلی گرم)؛ t: طول دوره پرورش (روز)

$SR\ (\%) = (N_f / N_i) \times 100$

N_f : تعداد لارو در انتهای دوره؛ N_i: تعداد لارو در ابتدار دوره

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-02]

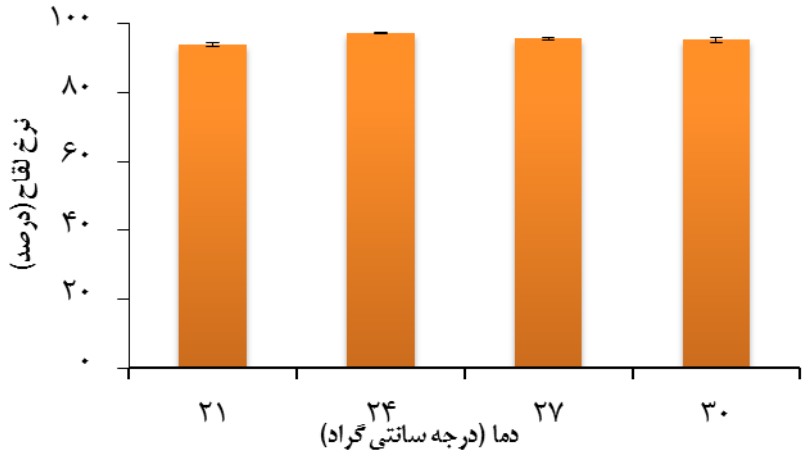
[DOR: 20.1001.1.23225513.1399.9.2.6.1]

تجزیه و تحلیل آماری

برای مشاهده روند تغییرات مرتبط با پارامترهای انکوباسیون و مقایسه شاخص‌های رشد در هر گروه از تیمارهای دمایی از آزمون تجزیه واریانس یک طرفه (One-way ANOVA) استفاده شد. نرمال بودن داده‌ها و همگنی واریانس‌ها به ترتیب با استفاده از آزمون‌های کولموگروف – اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov) و توکی (Tukey test) مورد بررسی قرار گرفت. در شرایطی که داده‌ها نرمال نبودند (شاخص طول) و یا همگنی واریانس مشاهده نشد (شاخص‌های وزن و درجه–ساعت تا مرحله چشم زدگی) به ترتیب از آزمون‌های ناپارامتری Kruskal-Wallis و Dunnet T-3 استفاده شد. آنالیزهای آماری با استفاده از نرم افزار SPSS (Version 16, Inc., Chicago, IL, USA) انجام گرفت و تفاوت‌ها در سطح معنی داری $p < ۰/۰۵$ در نظر گرفته شد. داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار بیان شدند.

نتایج

نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد که درصد لقاح در ۴ تیمار دمایی مختلف محدوده‌ای از ۹۴٪ تا ۹۷٪ داشت و با افزایش دما از ۲۴ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد، درصد لقاح کاهش یافت. بیشترین درصد لقاح (۰/۳۳ ± ۹۷/۳۳) در دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد و کمترین درصد لقاح (۰/۵۸ ± ۹۴/۰۰) در تیمار دمایی ۲۱ درجه سانتی‌گراد دیده شد. با این حال، هیچ تفاوت معنی داری در نرخ لقاح تخم‌های حاصل از تکثیر مصنوعی که در دماهای مختلف انکوباسیون شده بودند مشاهده نشد ($p > ۰/۰۵$) (نمودار ۱).

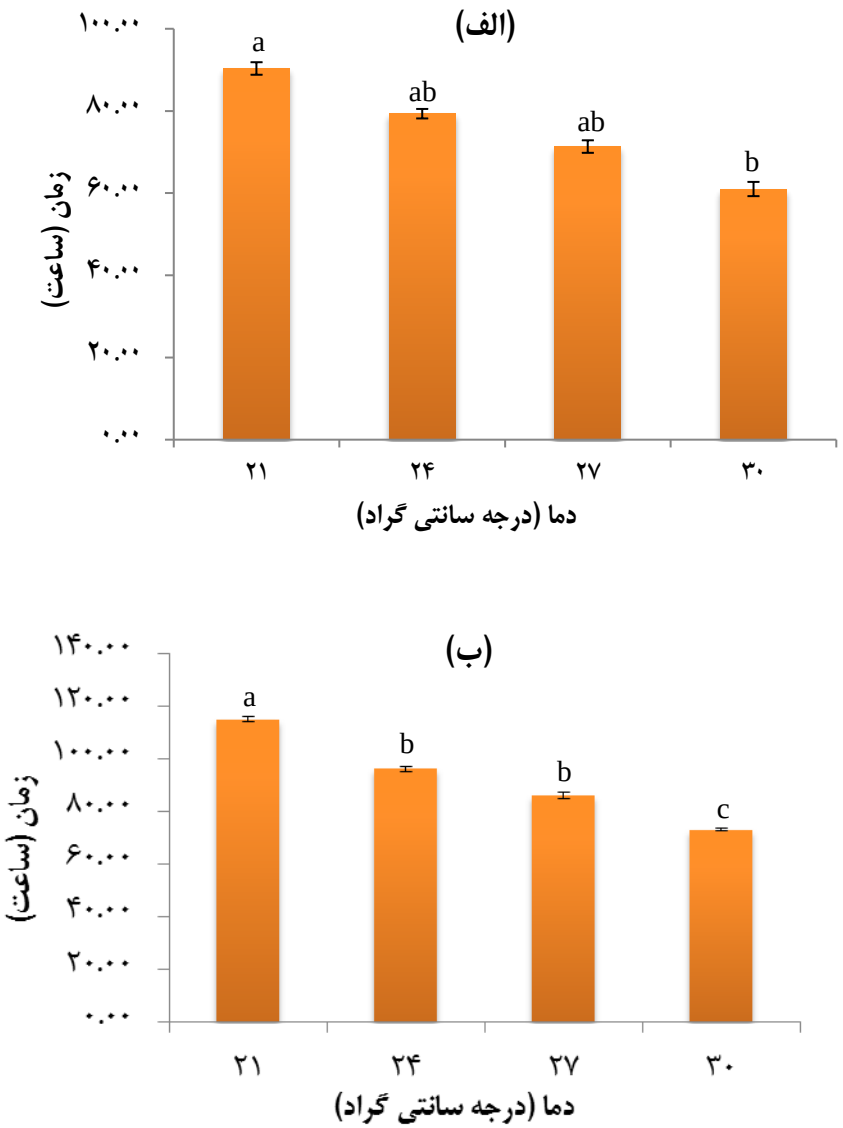


نمودار ۱) نرخ لقاح تخم ماهی قرمز (*Carassius auratus*) انکوباسیون شده در دماهای مختلف.

درجه– ساعت (تلفیق دمای آب بر حسب درجه سانتی‌گراد و زمان بر حسب ساعت) لازم برای چشم زدگی و تخم گشایی تخم‌های انکوباسیون شده در دماهای مختلف به ترتیب در نمودار ۲ (الف و ب) نشان داده شده است. بیشترین درجه– ساعت برای چشم زدگی (۱۹۱۸ درجه – ساعت) و تخم گشایی (۲۴۱۵ درجه – ساعت) در دمای ۲۱ درجه سانتی‌گراد و کمترین درجه– ساعت تا چشم زدگی (۱۸۳۰ درجه – ساعت) و تخم گشایی (۲۱۹۰ درجه – ساعت) در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد ثبت شد. بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی داری در درجه–ساعت چشم زدگی و تخم گشایی مشاهده شد ($p < ۰/۰۵$).

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-02]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1399.9.2.6.1]



نمودار ۲) طول مدت زمان رسیدن به مرحله چشم زدگی (الف) و تخم گشایی (ب) تخم ماهی قرمز (*Carassius auratus*) انکوباسیون شده در دماهای مختلف. داده‌های دارای اختلاف معنی دار در هر ستون با حروف متفاوت مشخص شده‌اند ($p < ۰/۰۵$).

کمترین و بیشترین میزان چشم زدگی به ترتیب در تیمار دمایی ۲۱ و ۲۴ درجه سانتی‌گراد ثبت شد. از دمای ۲۱ تا ۲۴ درجه سانتی‌گراد درصد چشم زدگی افزایش و سپس با افزایش دما تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد این مقدار کاهش یافت. بین تیمارهای دمایی تفاوت معنی داری در مقدار چشم زدگی مشاهده شد ($p < ۰/۰۵$) (جدول ۳). درصد تخم گشایی تیمارهای مختلف در جدول ۲ نشان داده شده است. کمترین درصد تخم گشایی در دمای ۲۱ درجه سانتی‌گراد و بیشترین درصد تخم گشایی در دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد و با افزایش دما از ۲۴ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد درصد تخم گشایی کاهش یافت. بین تیمارهای دمایی تفاوت معنی داری در مقدار تخم گشایی مشاهده شد ($p < ۰/۰۵$) (جدول ۳).

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-02]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1399.9.2.6.1]

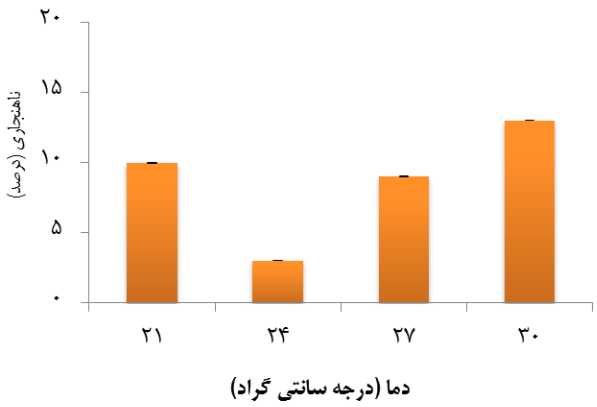
جدول ۳) تاثیر دماهای مختلف بر درصد چشم زدگی و تخم گشایی ماهی قرمز (*Carassius auratus*) انکوباسیون شده در دما-های مختلف (میانگین ± انحراف معیار)

	دما (درجه سانتی گراد)			
	۲۱	۲۴	۲۷	۳۰
میزان چشم زدگی (٪)	۵۴/۸۲ ± ۲/۹۴^{d}	۸۳/۱۳ ± ۱/۶۶^{a}	۶۸/۵۸ ± ۱/۱۴^{b}	۶۰/۵۰ ± ۰/۴۴^{c}
میزان تخم گشایی (٪)	۴۴/۱۶ ± ۱/۸۰^{c}	۶۹/۴۷ ± ۴/۵۵^{a}	۵۵/۲۷ ± ۴/۱۳^{b}	۵۳/۵۱ ± ۱/۵۲^{b}

داده‌های دارای اختلاف معنی دار در یک سطر با حروف متفاوت مشخص شده‌اند ($p < ۰/۰۵$).

تعداد کل لاروها در هر آکواریوم شمارش شد. بیشترین تعداد لارو (۱۹۷۲ لارو) در تیمار دمایی ۲۴ درجه سانتی‌گراد و کمترین تعداد (۷۸۶ لارو) در تیمار دمایی ۲۱ درجه سانتی‌گراد شمارش شد. تعداد لارو در تیمارهای دمایی ۲۷ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۱۲۶۷ و ۱۰۷۹ عدد شمارش شدند. نتایج مربوط به شاخص‌های رشد در جدول ۴ ارائه شده است. برای هر کدام از شاخص‌های افزایش وزن روزانه، نرخ رشد ویژه، افزایش وزن بدن و افزایش وزن روزانه بدن اختلاف معنی داری بین تیمارهای دمایی دیده شد ($p < ۰/۰۵$) ولی هیچ اختلاف معنی داری در نرخ بازماندگی در انتهای دوره دیده نشد ($p > ۰/۰۵$). میانگین رشد طولی و وزنی لاروهای تازه از تخم بیرون آمده (روز صفر) و لاروهای ۴۰ روزه پرورش یافته در دماهای مختلف در جدول ۴ نشان داده شده است. بیشترین میانگین رشد طولی و وزنی در روز صفر به ترتیب در دمای ۲۷ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد و کمترین میزان رشد در دمای ۲۱ درجه سانتی‌گراد ثبت شد. اختلاف معنی داری در میانگین طولی و همچنین میانگین وزنی لاروهای تازه از تخم بیرون آمده در تیمارهای دمایی مختلف مشاهده شد ($p < ۰/۰۵$). در لاروهای ۴۰ روزه، اختلاف معنی داری بین میانگین طولی و وزنی لاروهای پرورش یافته در دماهای متفاوت مشاهده شد ($p < ۰/۰۵$).

فراوانی تعداد لاروهای غیر طبیعی رشد یافته در تیمارهای دمایی مختلف در پایان دوره ۴۰ روزه پرورش به صورت درصد ناهنجاری و با مشاهده انحراف افقی ستون فقرات (اسکولیوزیز) در نمودار ۳ ثبت شد. کمترین و بیشترین میزان ناهنجاری به ترتیب در تیمارهای دمایی ۲۴ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. هیچ اختلاف معنی داری در درصد ناهنجاری لاروهای پرورش یافته در تیمارهای دمایی مختلف دیده نشد ($p > ۰/۰۵$).



نمودار ۳) درصد ناهنجاری لاروهای ۴۰ روزه پرورش یافته ماهی قرمز (*Carassius auratus*) در دماهای مختلف

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-02]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1399.9.2.6.1]

جدول ۴) تاثیر دماهای مختلف بر شاخص‌های رشد لارو ماهی قرمز (*Carassius auratus*) پس از ۴۰ روز پرورش در دماهای مختلف (میانگین ± انحراف معیار)

	دما (درجه سانتی‌گراد)			
شاخص‌های رشد	۲۱	۲۴	۲۷	۳۰
وزن اولیه (mg)	۱/۲۰ ± ۰/۰۵^{a}	۱/۰۴ ± ۰/۰۷^{b}	۱/۱۶ ± ۰/۰۵^{a}	۱/۱۶ ± ۰/۱۱^{a}
طول اولیه (mm)	۳ ± ۰/۰۰^{ab}	۳ ± ۰/۰۰^{ab}	۳/۵۰ ± ۰/۵۳^{a}	۳/۴۰ ± ۰/۵۲^{abc}
وزن نهایی (mg)	۲۰۶/۸۰ ± ۳/۷۹^{c}	۲۴۴/۰۰ ± ۹/۶۶^{b}	۲۶۲/۰۰±۱۵/۴۹^{a}	۲۷۵/۰۰ ± ۱۳/۵۴^{a}
طول نهایی (mm)	۱۷/۴۰ ± ۰/ ۵۲^{b}	۱۷/۵۰ ± ۰/۵۳ ^{b}	۱۹/۹۰ ± ۰/۵۷ ^{a}	۲۰/۱۰ ± ۰/۷۴^{a}
افزایش وزن (mg)	۲۰۵/۶۰ ± ۳/۷۷^{c}	۲۴۲/۹۶ ± ۹/۶۵^{b}	۲۶۰/۸۴ ± ۱۵/۵۱^{a}	۲۷۳/۸۴ ± ۱۳/۵۷^{a}
نرخ رشد ویژه (%/day)	۱۲/۸۷ ± ۰/۰۸^{b}	۱۳/۶۵ ± ۰/۱۷^{a}	۱۳/۵۵ ± ۰/۲۱^{a}	۱۳/۶۸ ± ۰/۳۰^{a}
افزایش وزن بدن (٪)	۱۷۱۵۰/۲۳ ± ۵۳۴/۳۶^{b}	۲۳۴۳۷/۸۸ ± ۱۵۷۳/۱۲^{a}	۲۲۵۴۳/۹۴ ± ۱۹۰۴/۶۷^{a}	۲۳۸۲۱/۵۶ ± ۲۷۴۳/۶۳^{a}
شاخص وضعیت	۳/۹۴ ± ۰/۳۳^{b}	۴/۵۷ ± ۰/۳۳^{a}	۳/۳۴ ± ۰/۳۸^{c}	۳/۴۱ ± ۰/۴۳^{c}
افزایش‌وزن‌روزانه (٪)	۱۲۳/۲۷ ± ۰/۵۶^{a}	۱۱۹/۱۴ ± ۰/۹۲^{b}	۱۱۷/۵۷ ± ۱/۲۴^{c}	۱۱۶/۵۸ ± ۰/۹۸^{c}
نرخ بازماندگی (٪)	۴۸/۹۳ ± ۱۳/۱۷	۶۳/۱۷ ± ۸/۳۶	۵۳/۸۳ ± ۸/۱۷	۵۴/۸۱ ± ۳/۱

داده های دارای اختلاف معنی دار در یک سطر با حروف متفاوت مشخص شده اند ($p < ۰/۰۵$).

بحث

در این مطالعه تاثیر دمای آب بر تعدادی از پارامترهای مرتبط با انکوباسیون تخم و رشد لارو ماهی قرمز در یک بازه زمانی ۴۰ روزه و تحت شرایط کنترل شده مورد بررسی قرار گرفت. در مطالعه حاضر بیشترین درصد لقاح تخم (۹۷٪) در دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد و کمترین درصد لقاح (۹۴٪) در دمای ۲۱ درجه سانتی‌گراد ثبت شد. با این حال، تفاوت معنی داری در نرخ لقاح تخم‌های انکوباسیون شده در دماهای مختلف دیده نشد. درصد لقاح تخم به عوامل مختلفی مانند درجه حرارت آب، اندازه مولدین نر و ماده، نحوه اختلاط تخمک با اسپرم و غیره بستگی دارد [13]. مطالعات بسیاری نشان داده‌اند که دمای انکوباسیون مهمترین فاکتور تاثیرگذار بر مراحل اولیه رشد و نمو و زنده مانی تخم ماهی است [20, 21] زیرا بیشترین حساسیت ماهیان نسبت به تغییرات دمایی در طول مراحل اولیه چرخه زندگی رخ می‌دهد [20]. بسیاری از تحقیقات نشان داده‌اند که انکوباسیون تخم‌های کپور ماهیان در تیمارهای دمایی مختلف، درصد لقاح و زنده مانی لاروهای تولید شده را تحت تاثیر قرار می‌دهد [22]. ویگند و همکاران تفاوت معنی داری در درصد لقاح تخم‌های ماهیان قرمزی که در دماهای مختلف انکوباسیون شده بودند را نشان دادند [13] در حالی که یافته‌های تحقیق حاضر تفاوت معنی داری در نرخ لقاح تخم‌هایی که در دماهای مختلف انکوباسیون شده بودند را نشان نداد. این احتمال وجود دارد که متفاوت بودن محدوده های دمایی استفاده شده در مطالعه ویگند و همکاران با مطالعه موجود باعث ایجاد چنین تفاوتی شده باشد زیرا در مطالعه ویگند و همکاران، تخم‌های ماهی قرمز در محدوده دمایی ۲۷-۱۲ درجه سانتی‌گراد انکوبه شدند در حالی که دمای انکوباسیون مطالعه حاضر ۳۰-۲۱ درجه سانتی‌گراد بود. بدیهی است تفاوت در درجه حرارت آب می‌تواند نتایج

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-02]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1399.9.2.6.1]

متفاوتی در درصد لقاح تخم‌های یک گونه ایجاد نماید. موجودات آبزی اغلب چرخه‌های زندگی پیچیده‌ای دارند و هر کدام از مراحل زندگی آنها حساسیت‌های متفاوتی نسبت به تغییرات دمایی دارند. در بین مراحل مختلف چرخه زندگی موجودات آبزی، مرحله رشد و نمو جنینی نسبت به مراحل لاروی و جوانی حساسیت بالاتری به تغییرات دمایی نشان می‌دهند [23]. در مطالعه حاضر، دمای انکوباسیون تاثیر معنی داری بر مدت زمان رسیدن به مرحله چشم زدگی و تخم گشایی تخم‌های ماهی قرمز نشان داد و با افزایش دمای آب، زمان مورد نیاز برای چشم زدگی و تخم گشایی کاهش یافت که این نتیجه با مشاهدات مولر و همکاران بر روی *Coregonus clupeaformis* (Mitchill, 1818)، هو و همکاران بر (Tilesius, 1810) *Hexagrammos otakii* و موسلیم و همکاران در ماهی *Channa striata* (Blouch, 1793) مطابقت دارد [24, 25, 26]. پارامترهایی مانند قطر تخم، قطرات چربی درون تخم درجه حرارت آب و غیره می‌توانند طول دوره چشم زدگی و تخم گشایی را تحت تاثیر قرار دهند [25, 26]. دمای آب مهمترین فاکتور تاثیرگذار بوده که از طریق تسریع در فرایند-های رشد و نمو مرحله جنینی و افزایش نیازهای متابولیک، چشم زدگی و تخم گشایی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در مطالعه حاضر، بیشترین میزان چشم زدگی (۸۳/۱۳٪) در دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد ثبت شد و با افزایش درجه حرارت آب میزان چشم زدگی کاهش نشان داد. دلیل افزایش میزان چشم زدگی در دماهای بالای ۲۱ درجه سانتی‌گراد می‌تواند ناشی از آن باشد که تخم‌های انکوباسیون شده در دماهای بالا سریع‌تر از دماهای پایین چشم زده و تخم گشایی می-شوند زیرا در دماهای بالا فرایندهای متابولیک بدن ماهی سریع‌تر اتفاق می‌افتد. به عبارتی افزایش دمای انکوباسیون در محدوده اپتیمم، فرایندهای متابولیسمی جنین را تحریک می‌کند که موجب توسعه سریع‌تر جنین و در نهایت تسریع در چشم زدگی و تخم گشایی می‌شود [27]. دلیل کاهش میزان چشم زدگی در دماهای ۲۷ و ۳۰ نسبت به دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد می‌تواند ناشی از خارج شدن از محدوده دمایی بهینه انکوباسیون گونه باشد. ویگند و همکاران [13] مشاهده کردند که با افزایش درجه حرارت آب از ۲۲ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد، میزان چشم زدگی تخم ماهی قرمز کاهش یافت. این محققان بیان نمودند که با توجه به نتایج مشاهده شده می‌توان بیان نمود دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد آب خارج از محدوده دمایی اپتیمم انکوباسیون ماهی قرمز می‌باشد.

موفقیت نرخ تخم گشایی و متعاقبا زنده‌مانی و رشد لارو ماهیان به فاکتورهایی مانند وضعیت لقاح و شرایط دوره رشد و نمو [28] و کیفیت ذاتی خود گامت‌ها [34] بستگی دارد. نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد که دمای انکوباسیون تاثیر معنی داری بر عملکرد فرایند تخم گشایی ماهی قرمز دارد. بالاترین میزان تخم گشایی (۶۹/۴۷٪) در تیمار دمایی ۲۴ درجه سانتی‌گراد دیده شد و با افزایش دما از ۲۴ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد میزان تخم گشایی به طرز معنی داری کاهش یافت. موسوی ثابت و وطن دوست بیان کردند که افزایش دما از ۲۸ تا ۳۴ درجه سانتی‌گراد درصد تخم گشایی تخم‌های فرشته ماهی (*Pterophyllum scalare*) را به طرز معنی داری کاهش داد [30]. همچنین موسلیم و همکاران نیز بیان کردند که افزایش دمای آب موجب کاهش درصد تخم گشایی ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) می‌شود [26].

دما یکی از مهمترین فاکتورهای تاثیرگذار بر نرخ رشد ماهی می‌باشد [9]. مطالعات نشان داده‌اند که دمای انکوباسیون اندازه لارو تازه از تخم بیرون آمده را تحت تاثیر قرار می‌دهد [31]. در مطالعه حاضر افزایش دما موجب افزایش رشد طولی و وزنی لاروهای تازه از تخم بیرون آمده و لاروهای ۴۰ روزه ماهی قرمز شد که به ترتیب با مشاهده مورهد و هارت بر روی لارو سوف راه راه (*Latris lineate*) و ایمسلند و همکاران بر روی لارو لامپ فیش مطابقت داشت [12, 31]. نوع گونه، محدوده تغییرات دمایی، شرایط لقاح و غیره می-تواند باعث تفاوت در رشد طولی و وزنی لاروهای تازه از تخم بیرون آمده باشد. درجه حرارت آب، اندازه لارو را از طریق تسریع در فرایندهای رشد و نمو مرحله جنینی و افزایش نیاز-های متابولیک تحت تاثیر قرار می‌دهد [27]. دما یک فاکتور مهم تعیین کننده رشد و نمو تخم و لارو ماهی است که بر میزان متابولیسم [32] و عملکرد سلولی اثر می‌گذارد [33]. میزان تغذیه و دمای آب دو فاکتور مهمی هستند که بر رشد

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-02]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1399.9.2.6.1]

ماهی اثر سینرژیک دارند [34]. در تحقیق حاضر با بالا رفتن دمای آب از ۲۱ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد افزایش معنی داری در وزن بدن و نرخ رشد ویژه لارو ماهی قرمز دیده شد که با یافته‌های ذاکری و میناب که بیان کردند که در ماهیان جوان بنی (*Mesopotamichthys sharpeyi*) پرورش یافته در دمای بالاتر رشد بیشتری (به صورت افزایش وزن و نرخ رشد ویژه بالاتر) نسبت به دماهای پایین دیده شد، مطابقت داشت [35]. زمانی که دمای آب بالا می‌رود بازدهی تبدیل انرژی موجود در غذا به انرژی خالص برای ماهی بیشتر می-شود و از این طریق افزایش دمای آب تاثیر مثبتی بر روی رشد ماهی اعمال می‌کند [34]. همچنین مشخص شده است که افزایش دما فعالیت‌های بیوشیمیایی را از طریق انرژی گرمایی تحریک می‌کند. این امر منجر به افزایش سرعت فرایندهای متابولیسمی شده و منجر به تسریع در رشد و نمو لارو ماهی می‌شود [36]. در مطالعه حاضر درجه حرارت آب تاثیر معنی داری بر درصد بقای لاروهای پرورش یافته در تیمارهای مختلف دمایی نداشت. عبدالباقیان و همکاران بیان کردند که افزایش دمای آب از ۲۷ تا ۳۱ درجه سانتی‌گراد موجب افزایش درصد بقای نوزادان فرشته ماهی تغذیه شده با جیره‌های مختلف غذایی شد [37].

اگرچه درجه حرارت‌های بالا میزان رشد و نمو لارو افزایش می‌یابد با این حال افزایش دما ممکن است موجب افزایش درصد ناهنجاری نیز شود. دماهای بالا می‌توانند با توسعه ناقص جنین باعث به وجود آمدن لار های زودرس و ناهنجار شوند [38]. نتایج این مطالعه نشان داد که با افزایش دما درصد ناهنجاری لارو افزایش یافت و بالاترین میزان ناهنجاری در تیمار دمایی ۳۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. به نظر می رسد که دمای بالا از زمان انکوباسیون تا پایان دوره پرورش باعث به وجود آمدن چنین میزان ناهنجاری شده است زیرا همان گونه که جانسون و دیویدسن بیان کردند، دمای آب می‌تواند باعث اختلال در رشد جنین و در نهایت تولید لاروهای ناهنجار شود [39, 40].

نتیجه گیری

نیاز دمایی برای مراحل مختلف تخمریزی، توسعه جنینی، رشد و نمو لاروی و بزرگسالی متنوع بوده و در میان گونه‌های مختلف متفاوت است. مطالعه اثرات دمای انکوباسیون به منظور بهینه سازی شرایط پرورش برای تولید لاروهایی با کیفیت خوب دارای اهمیت است. تحقیق حاضر نشان داد که دمای آب ارتباط نزدیکی با طول دوره انکوباسیون، میزان چشم زدگی، نرخ تخم گشایی، ناهنجاری و رشد در لاروهای ماهی قرمز انکوباسیون شده و پرورش یافته در تیمارهای دمایی مختلف دارد. بر اساس نتایج به دست آمده از این مطالعه، بهترین درجه حرارت برای انکوباسیون تخم ماهی قرمز دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد معرفی می‌شود. پس از یک دوره ۴۰ روزه پرورش لارو در تیمارهای دمایی مختلف، بیشترین رشد طولی و وزنی، افزایش وزن و نرخ رشد ویژه در لاروهای پرورش یافته در تیمار دمایی ۳۰ درجه سانتی‌گراد و سپس در تیمار دمایی ۲۷ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد و در پارامترهای ذکر شده بین این دو تیمار دمایی، اختلاف معنی داری دیده نشد. با این حال بیشترین میزان درصد ناهنجاری در تیمار دمایی ۳۰ درجه سانتی‌گراد ثبت شد. نتایج این تحقیق با بررسی پارامترهای مختلف مرتبط با انکوباسیون و شاخص‌های رشد بیان می‌دارد که لارو ماهی قرمز ترجیح دمایی بالاتری نسبت به جنین نشان داشته و دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد را بهترین دمای پرورش لارو ماهی قرمز معرفی می‌نماید. در مطالعه حاضر، به دلیل حذف تاثیر سن مولد بر کیفیت تخمک و انکوباسیون از یک مولد ماده و دو مولد نر استفاده گردید تا تمام تخمک‌های استحصالی از کیفیت یکسانی برخوردار باشند. با این حال، به منظور بررسی تاثیر ژنتیک و سن مولدین بر کیفیت لقاح و انکوباسیون می‌توان در مطالعات بعدی از تعداد بیشتری از مولدین استفاده نمود. در مجموع داده‌های این تحقیق نه تنها برای اهداف عملی آبزی‌پروی، بلکه از نقطه نظر فیزیولوژیک و اکولوژیک نیز بسیار مهم می‌باشند.

تشکر و قدردانی: نویسندگان مقاله از آقایان وحید مهدی زاده، دانیال گروهی، سینا شجاعی، رضا فرضی و خانم ساره قیاسی به جهت تهیه ماهی و مشارکت در نمونه برداری تشکر و قدردانی به عمل می‌آورند.

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-02]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1399.9.2.6.1]

تاییدیه های اخلاقی: این مقاله در زمان ارسال برای این نشریه در هیچ نشریه ایرانی یا غیر ایرانی در حال بررسی نبوده و تا تعیین تکلیف قطعی در این نشریه برای هیچ نشریه ایرانی یا غیر ایرانی دیگری ارسال نخواهد شد.

تعارض منافع: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

سهم نویسندگان در مقاله: مرضیه عباسی (نویسنده اول)، پژوهشگر اصلی/ نگارنده/تحلیلگر آماری/نگارنده بحث (۳۵٪)؛ بهرام فلاحتکار (نویسنده دوم)، روش شناس/نگارنده/پژوهشگر اصلی (۳۵٪)؛ علی بانی (نویسنده سوم)، روش شناس/پژوهشگر کمکی (۱۵٪)؛ بهروز حیدری (نویسنده چهارم)، روش شناس/ پژوهشگر کمکی (۱۵٪).

منابع مالی/حمایت‌ها: پژوهش حاضر با حمایت مالی پژوهشکده حوضه آبی دریای خزر دانشگاه گیلان طی قرارداد شماره ۲۲۳۵۱۱۶ انجام شده است.

منابع

1. Angilletta M.J, Niewiarowski P.H, Navas C.A. The evolution of thermal physiology in ectotherms. J Therm Biol. 2002; 27 (4): 249–268.
2. Michael M.H, Bayer J.M, Seelye J.G. Effects of temperature on survival and development of early life stage Pacific and Western Brook Lampreys. Trans Am Fish Soc. 2005; 134 (1): 19–27.
3. Hofmann N., Fischer P. Temperature preferences and critical thermal limits of burbot: implications for habitat selection and ontogenetic habitat shifts. Trans Am Fish Soc. 2002; 131 (6): 1164–1172.
4. Anpe J.A, Absalom K.V, Igoche L.E, Ofojekwu P.C, Audu B.S. The embryonic development of *Clarias gariepinus* fertilized eggs subjected to different water temperature interval in an indoor hatchery in Jos. Int J Fish Aquac Stud. 2017; 5 (3): 39–44.
5. Pankhurst N.W, Munday P.L. Effects of climate change on fish reproduction and early life history stages. Mar Freshwater Res. 2011; 62 (9): 1015–1026.
6. Pankhurst N.W, King, H.R. Temperature and salmonid reproduction: implications for aquaculture. J Fish Biol. 2010; 76 (1): 69–85.
7. Pankhurst N.W, King H.R, Anderson K., Elizur A, Pankhurst P.M, Ruff M. Thermal impairment of reproduction is differentially expressed in maiden and repeat spawning Atlantic salmon. Aquaculture. 2011; 316 (1-4): 77–87.
8. Nwosu F.M, Holzlohner S. Influence of temperature on egg hatching, growth and survival of larvae of *Heterobranchus longifilis* Val. 1840 (Teleostei: Claridae). J Appl Ichthyol. 2000; 16 (1): 20–23.
9. Gagliano M, McCormick M.I, Meekan M.G. Temperature induced shifts in selective pressure at a critical developmental transition. Oecol. 2007; 152 (2): 219–225.
10. Coombs S.H, Hiby A.R. The development of the eggs and early larvae of blue whiting (*Micromesistius poutassou*) and the effect of temperature on development. J Fish Biol. 2006; 14 (1): 111–123.
11. Okunsebor S.A, Ofojekwu P.C, Kakwi D.G, Audu B.S. Effect of temperature on fertilization, hatching and survival rates of *Heterobranchus bidorsalis* eggs and hatchlings. Br J Appl Sci Technol. 2015; 7 (4): 372–376.
12. Imsland A.K.D, Danielsen M, Jonassen T, Hangstad T.A, Falk-Petersen I.B. Effect of incubation temperature on eggs and larvae of lumpfish (*Cyclopterus lumpus*). Aquaculture. 2019; 498: 217–222.

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-02]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1399.9.2.6.1]

13. Wiegand M.D, Buchanan L.G, Loewen J.M, Hewitt C.M. Effects of rearing temperature on development and survival of embryonic and larval goldfish. Aquaculture. 1988; 71 (3): 209–222.
14. Feng M, Qu R, Wang C, Wang L, Wang Z. Comparative antioxidant status in freshwater fish *Carassius auratus* exposed to six current-use brominated flame retardants: a combined experimental and theoretical study. Aquat Toxicol. 2013; 140: 314–323.
15. Chang J.P, Peter R.E. Effects of pimozide and des Gly, [D-Ala'] luteinizing hormone releasing hormone ethylamide on serum gonadotropin concentrations, germinal vesicle migration, and ovulation in female goldfish, *Carussius auratus.* Gen Comp Endocrinol. 1983; 52 (3): 30–37.
16. Sharifpor I, Soltani M., Abdolhai, H, Ghayomi R. Study of anaesthetic effects of clove oil (*Eugenia caryophyllata*) in common carp (*Cyprinus carpio*) under various pH and temperature condition. Iran Sci Fish J. 2009; 11 (4): 59–74. (in Persian)
17. Rottmann R.W, Shireman J.V, Chapman F.A. Determining sexual maturity of broodstock for induced spawning of fish. Southern Regional Aquaculture Center, Institute of Food and Agriculture Services, University of Florida. 1991. Number 423.
18. Richardson G.F, Gardiner Y.T, McNiven M.A. Preservation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) eyed eggs using a perfluorochemical as an oxygen carrier. Theriogenology. 2002; 58 (7): 1283–1290.
19. Falahatkar F. Feeding and Feed Formulation in Aquatic Organisms. Institute of Technical and Vocational Higher Education of Jihad-Agriculture. 2015; 334 p. (in Persian)
20. Jonsson B, Jonsson N. Early environment influences later performance in fishes. J Fish Biol. 2014; 85 (2): 151–188.
21. Sund T, Falk-Petersen I.B. Effects of incubation temperature on development and yolk sac conversion efficiencies of spotted wolffish (*Anarhichas minor* Olafsen) embryos until hatch. Aquac Res. 2005; 36 (11): 1133–1143.
22. Gulidov M.V, Popova K.S. Egg survival, hatching, dynamics, and morphological peculiarities of prolarvae of kutum, *Rutilus frisii kutum* (Cyprinidae), in relation to temperature. J Ichthyol. 1982; 22: 81–89.
23. Rijnsdorp A.D, Peck M.A, Engelhard G.H, Möllmann C, Pinnegar J.K. Resolving the effect of climate change on fish populations. Int J Mar Sci. 2009; 66 (7): 1570–1583.
24. Mueller C.A, Eme J, Manzon R.G, Somers C.M, Boreham D.R, Wilson J.Y. Emryonic critical windows: changes in incubation temperature alter survival, hatching phenotype, and cost of development in lake whitefish (*Coregonus clupeaformis*). J Comp Physiol: Part B. 2015; 185 (3): 315–331.
25. Hu F, Pan L, Gao F, Jian Y, Wang X, Li L, Zhang S, Guo W. Effect of temperature on incubation period and hatching success of fat greenling (*Hexagrammos otakii*) eggs. Aquac Res. 2017; 48 (1): 361–365.
26. Muslim M, Fitrani M, Afrianto A.M. The effect of water temperature on incubation period, hatching rate, normalities of the larvae and survival

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-02]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1399.9.2.6.1]

rate of snakehead fish *Channa striata.* Indones Aquac. 2018; 19 (2): 90–94.
27. Benjamin J, Laurel T, Hurst P, Louise A. The role of temperature on the growth and survival of early and late hatching Pacific cod larvae (*Gadus macrocephalus*). J Plankton Res. 2008; 30 (9): 1051–1060.
28. Van Der Wal E.J. Effects of temperature and salinity on the hatch rate and survival of Australian bass (*Macquaria novemaculeata*) eggs and yolk-sac larvae. Aquaculture. 1985; 47 (2-3): 239–244.
29. Kjorsvik E, Lonning S. Effects of egg quality on normal fertilization and early development of the cod, *Gadus morhua* L. J Fish Biol. 1983; 23 (1): 1–12.
30. Mousavi Sabet H, Vatandost S. Effect of incubation temperature on some hatching indices and quality of larvae of *Pterophyllum scalare*. J Breed Aquac Sci. 2013; 1(1): 71–78. (in Persian)
31. Morehead D.J, Hart P.R. Effects of temperature on hatching success and size of striped trumpeter (*Latris lineate*) larvae. Aquaculture. 2003; 220 (1-4): 595–606.
32. Kamler E. Resource allocation in yolk-feeding fish. Rev Fish Biol Fish. 2008; 18 (2): 143–200.
33. Somero G.N. Hofmann G.E. Temperature thresholds for protein adaptation: when does temperature change start to 'hurt'? In Global Warming: Implications for Freshwater and Marine Fish (Wood, C.M., and McDonald, D.G, eds.) Cambridge University Press. 1997; 1–24.
34. Gardeur J.N, Mathis N, Kobilinsky A, Brun-Bellut J. Simultaneous effects of nutritional and environmental factors on growth and flesh quality of *Perca fluviatilis* using a fractional factorial design study. Aquaculture. 2007; 273 (1): 50–63.
35. Zakeri M, Minabi KH. Effects of water temperature and rations size on growth performance, feed utilization and carcass biochemical composition of juvenile benni (*Mesopotamichthys sharpeyi*). J Persian Gulf. 2013; 12 (4): 13–22.
36. Beveridge M.C.M, McAndrew B.J. Tilapias: Biology and Exploitation. Kluwer Academic Press Publishers. Dordrecht, the Netherlands. 2012; 505 p.
37. Abdolbaghiyan S, Jamili Sh, Matinfar A. A study on the effects of temperature on growth and survival of Angel Fish frys (*Pterophyllum scalare*). J Mar Sci Tech Res. 2009; 17 (2): 55–60. (in Persian)
38. Kupren K, Mamcarz A, Kucharczyk D. Effects of temperature on survival, deformations rate and selected parameters of newly hatched larvae of three rheophilic cyprinids (*genus leuciscus*). J Nat Sci. 2010; 25 (3): 299–312.
39. Johnston I.A. Temperature influences muscle differentiation and the relative timing of organogenesis in herring *Clupea harengus* larvae. Mar Biol. 1993; 116 (3): 363–379.
40. Davidsen M. The effect of incubation temperature on embryonic development and muscle growth in yolk-sac larvae of the European eel (*Anguilla anguilla* L., 1758). Master's Thesis. 2012. Institute for Biology, Norwegian University of Science and Technology, Norway, 125 p.

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-02]
[DOR: 20.1001.1.23225513.1399.9.2.6.1]

Journal of Fisheries Science and Technology
Volume 9, Issue 2, Spring 2020
Pages: 130-143

The Effect of Different Temperature on Incubation Performance and Growth of Goldfish (*Carassius auratus* Linnaeus, 1758) Larvae

Abbasi M[1], Falahatkar B[1,2*] Bani A[2,3], Heidari B.[2,3]

1. Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Guilan, Iran
2. Department of Marine Sciences, The Caspian Sea Basin Research Center, University of Guilan, Rasht, Guilan, Iran
3. Department of Biology, Faculty of Science, University of Guilan, Rasht, Guilan, Iran

A B S T R A C T

Temperature is the main environmental factor affecting the development of fish eggs. In this study, the effect of incubation temperature on fertilization rate, hatching rate and growth in goldfish (*Carassius auratus*) was investigated. Egg and sperm production were obtained by ovaprim injection and artificial propagation. Eggs were incubated at four temperatures (21, 24, 27 and 30 °C) with 3 replicates for each treatment and cultured for 40 days at the same temperature. The larvae were grown in the same aquarium that had been hatched under the same temperature condition for 40 days. The results showed that there was no significant difference in fertilization rate of incubated eggs at different temperatures, but the highest (97%) and lowest (94%) fertilization rates were observed at 24 °C and 21 °C, respectively. The maximum incubation time was recorded at 21 °C and the minimum time required at 30 °C ($P < 0.05$). The highest percentage of hatching (74.4%) was observed at 24 °C and it decreased with increasing water temperature ($P < 0.05$). Although, the temperature of 30 °C showed the highest value of length, weight and specific growth rate of larvae in comparison to other temperature treatments, but the highest anomalies (13%) were observed in this treatment, too. The best temperature of incubation and growth of larvae is 24°C and 27°C for goldfish, respectively.

KEYWORDS: Water Temperature; Fertilization; Incubation; *Carassius auratus*

ARTICLE TYPE
Original Research

ARTICLE HISTORY
Received: 20 February 2020
Accepted: 15 August 2020
ePublished: 18 September 2020

* Corresponding Author:
Email address: Falahatkar@guilan.ac.ir
Tel: +98 13-44323599
© Published by Tarbiat Modares University
eISSN:2476-6887 pISSN:2322-5513

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-02]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1399.9.2.6.1]