

اثر هورمون گنادوتروپین کوریونیک انسانی بر القای تکثیر و عملکرد تولیدمثلی مولدین سوف سفید (*Sander lucioperca*)

بهرام فلاحتکار^{۱*}، مهدی رحمتی^۲

^۱گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران.

^۲مرکز بازسازی و حفاظت از ذخایر ژنتیکی ماهیان دریایی شادروان دکتر یوسف پور، سیاهکل، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۳۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۰۷

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی اثرگذاری هورمون گنادوتروپیک کوریونیک انسانی (hCG) بر عملکرد تولیدمثل ماهیان سوف سفید (*Sander lucioperca*) در شرایط کنترل شده انجام شد. مولدین پس از انتقال از دریاچه مخزنی پشت سد ارس به مرکز بازسازی و حفاظت از ذخایر ژنتیکی ماهیان دریایی شادروان دکتر یوسف پور سیاهکل، به دو گروه ۱۶ تایی تقسیم و گروه اول با دوز ۲۰۰ IU/kg هورمون hCG و گروه دوم با دوز ۴۰۰ IU/kg در پایه باله سینه‌ای تزریق و در مخازن بتونی ۴۴ مترمکعبی رهاسازی شدند. به ازای هر گروه نیز ۱۸ عدد مولد نر بدون تزریق وارد مخازن شد و برای هر جفت مولد یک عدد لانه ساخته شده با چمن مصنوعی در نظر گرفته شد. از صبح روز چهارم پس از تزریق، تخم‌ریزی در هر دو گروه آغاز شد و ۱۰۰٪ مولدین در هر دو گروه تا پایان روز ششم تخم‌ریزی کردند. میزان درجه-ساعت تا زمان تخم‌ریزی و درصد لقاح بین دو گروه ماهیان تزریق شده اختلاف معنی‌داری را نشان نداد، اما کیفیت لانه‌های به دست آمده از گروه مولدین تزریق شده با ۴۰۰ IU/kg به طور غیرمعنی‌داری بهتر از گروه دیگر بود. نتایج این مطالعه نشان داد با توجه به عملکرد مناسب هورمون hCG در القای تولیدمثل ماهی سوف سفید و عدم اختلاف معنی‌دار در اکثر شاخص‌های اندازه‌گیری شده، در صورت آمادگی کامل مولدین از دوز ۲۰۰ IU/kg هم می‌توان برای این هدف استفاده نمود.

کلید واژگان: القای هورمونی، تخم‌ریزی، بازسازی ذخایر، hCG، سوف سفید

مقدمه

ماهی سوف سفید (*Sander lucioperca*) یکی از گونه‌های آب شیرین است که در آب‌های لب‌شوری مثل دریای کاسپین نیز پراکنش دارد و زمانی تا ۳۰۰۰ تن از این ماهی در سواحل جنوبی این دریا صید می‌شد (Abdolmaleki and Psuty, 2007). گوشت خوشمزه و کم استخوان سوف سفید و ارزش بالای غذایی آن سبب شده طی دهه‌ها میزان فشار صیادی بر روی این گونه افزایش و با تخریب زیستگاه‌ها و مناطق تخم‌ریزی و همچنین آلودگی‌های زیست‌محیطی، نسل آن با کاهش شدید مواجه شده و به همین دلیل، سازمان شیلات ایران از سال ۱۳۶۸ اقدام به تولید بچه‌ماهی و بازسازی ذخایر آن نمود (Falahatkar et al., 2018). هم‌اکنون در بسیاری از کشورهای اروپایی و بعضاً سایر کشورها به تکثیر و پرورش ماهی سوف توجه زیادی شده است، به گونه‌ای که این ماهی را در سیستم‌های مختلفی مورد پرورش قرار می‌دهند (فلاح‌تکار و جاوید رحمدل، ۱۴۰۱؛ Steinfeldt et al., 2015; Falahatkar et al., 2025) و دارای بازار مطلوبی در اروپا می‌باشد (Żarski et al., 2012).

یکی از ارکان اساسی موفقیت در تکثیر و پرورش ماهیان، دستیابی به لارو و بچه‌ماهی به تعداد کافی و با کیفیت مناسب است. در این بین، تکثیر کنترل شده و تولید تخم و بچه‌ماهی در بسیاری از گونه‌ها می‌بایست در شرایط تفریخگاهی صورت پذیرد و نیاز به القای هورمونی، امری اجتناب‌ناپذیر است. به همین دلیل، القای هورمونی ابزاری حیاتی جهت موفقیت در آبزی‌پروری مدرن تلقی شده و امروزه برای هر گونه ماهی از هورمونی خاص با غلظتی مشخص می‌توان بهره جست.

یکی از مشکلات و چالش‌های پرورش ماهی سوف، عملکرد تولیدمثل غیرقابل پیش‌بینی در محیط اسارت است، به گونه‌ای که مولدین اغلب در رسیدن به مرحله نهایی رسیدگی و اسپرم‌دهی دچار مشکل می‌شوند (Müller-Belecke and Zienert, 2008). برای غلبه بر این مشکل، استفاده از القای هورمونی یک روش معمول در تکثیر ماهی سوف است. طی سالیان گذشته و در تحقیقات مختلف از موادی نظیر عصاره غده هیپوفیز، هورمون آزادکننده هورمون لوتئینه کننده (LHRH)، هورمون آزادکننده گنادوتروپین (GnRH)، اوپریم و سایر ترکیبات

برای القای هورمونی ماهی سوف سفید استفاده شده است (Křišť'an et al., 2013; Żarski et al., 2019;) (Falahatkar et al., 2024)، اما در اکثر مطالعات، هورمون گنادوتروپیک انسانی (hCG) بیشترین کارایی را در تکثیر این ماهی از خود نشان داده است (Blecha et al., 2016; Żarski et al., 2019). این هورمون، یک شبه LH می‌باشد که با تأثیرگذاری بر روی گناد ماهی، سبب تحریک رسیدگی نهایی اووسیت‌ها و اوولاسیون یا اسپرم‌ریزی در ماهیان می‌شود.

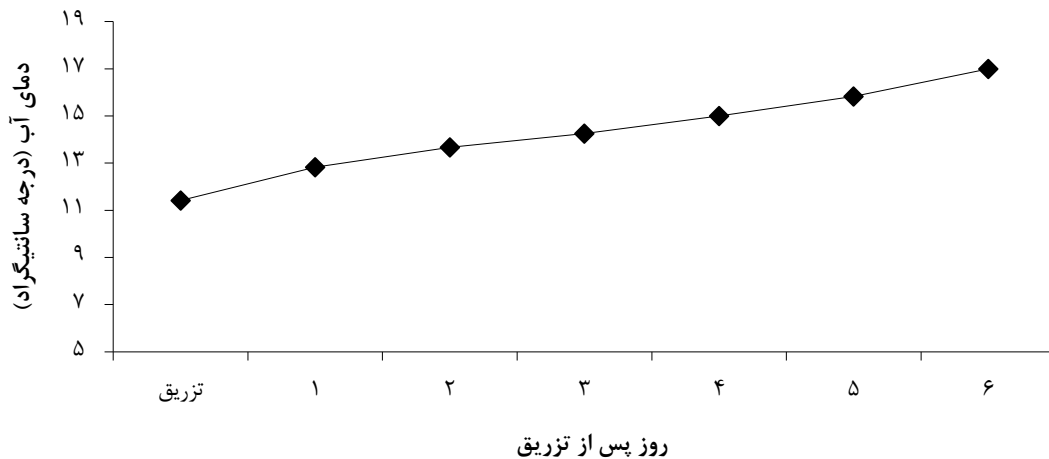
در ماهیان، hCG با اتصال به گیرنده‌های LH در گنادها، تولید استروئیدهای جنسی نظیر ۱۷آلفا، ۲۰-بتا-دی‌هیدروکسی-۴-پرگن-۳-اون که هورمون ضروری برای رسیدگی تخمک و رهاسازی اسپرم است را تحریک می‌کند. به دلیل دسترسی و قیمت مناسب hCG، امروزه از این هورمون به‌طور گسترده‌ای در تکثیر بسیاری از ماهیان راسته سوف‌ماهیان نظیر خانواده Percidae و ماهی سوف سفید استفاده می‌شود. با توجه به اثرگذاری و پاسخ مطلوب hCG در القای تولیدمثل ماهی سوف که در مطالعات مختلف به اثبات رسیده است، اما دوزهای تأثیرگذار آن در این مطالعات چندان مشخص نیست، به گونه‌ای که بعضاً از مقادیر ۱۰۰۰-۵۰۰ IU/kg و حتی بالاتر به‌عنوان دوز اثرگذار نام برده شده است (Zakęś and Demska-Zakęś, 2005)، که به‌نظر می‌رسد با توجه به شرایط آب و هوایی و جغرافیایی هر منطقه، شرایط رسیدگی و آمادگی ماهی، وحشی یا پرورشی بودن ماهی (Falahatkar et al., 2025) می‌تواند دوز مورد استفاده hCG متفاوت در نظر گرفته شود. نظر به اینکه استفاده از مقادیر زیاد هورمون خصوصاً در مقیاس تجاری و تعداد مولدین زیاد، می‌تواند از جنبه‌های اقتصادی نیز حائز اهمیت باشد، این مطالعه با هدف بررسی دو دوز ۲۰۰ و ۴۰۰ IU/kg بر روی القای تکثیر و تولیدمثل ماهی سوف سفید در شرایط کارگاهی ایران انجام شد.

مواد و روش‌ها

ماهی و شرایط نگهداری: مولدین ماهی سوف سفید در اوایل اسفند ماه از دریاچه مخزنی پشت سد ارس به‌وسیله پره صید و سپس توسط کامیون مجهز به اکسیژن‌دهی به مرکز بازسازی و حفاظت از ذخایر ماهیان دریایی شادروان

جدول ۱- مشخصات زیست‌سنجی مولدین سوف سفید (*Sander lucioperca*) در دو گروه آزمایشی مختلف (میانگین \pm انحراف

معیار				
مقدار تزریق	تعداد	وزن (گرم)	طول کل (سانتی‌متر)	ضریب چاقی
۲۰۰ IU/kg	۱۶	۱۱۰۸/۸ \pm ۲۸۲/۷	۵۱/۹ \pm ۴/۳	۰/۸ \pm ۰/۱
۴۰۰ IU/kg	۱۶	۱۰۵۳/۸ \pm ۳۵۶/۳	۵۱/۴ \pm ۴/۳	۰/۸ \pm ۰/۱



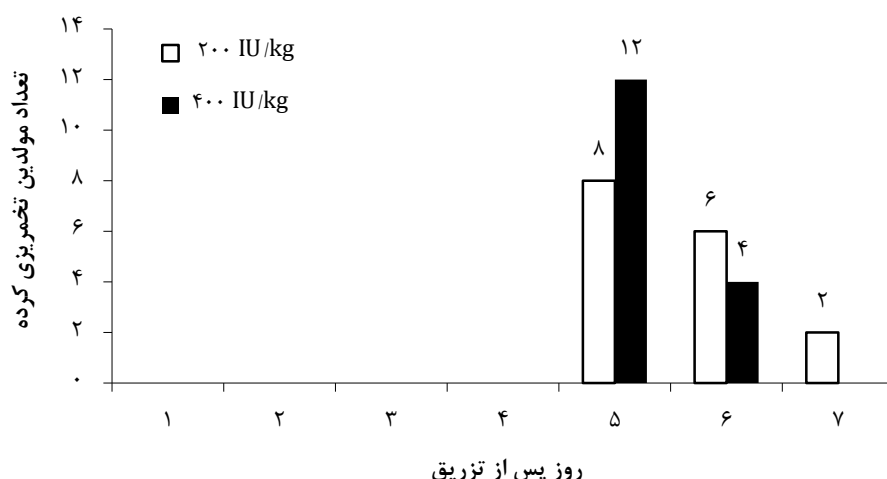
شکل ۱- روند تغییرات درجه حرارت آب در مخازن نگهداری مولدین سوف سفید (*Sander lucioperca*) پس از القای هورمونی تا زمان تخم‌ریزی

به‌ازای (Ronak Pharmaceutical Co., Tehran, Iran) هر کیلوگرم وزن بدن بود که در پایه باله سینه‌ای ماهیان تزریق گردید. به‌ازای هر گروه ۱۶ تایی مولدین ماده، ۱۸ عدد مولد نر نیز در هر مخزن معرفی شدند. لازم به ذکر است به مولدین نر به‌دلیل شرایط مناسب، تزریقی صورت نگرفت. همچنین، به‌ازای هر جفت مولد، یک لانه ساخته شده با چمن مصنوعی با ابعاد ۷۰×۷۰ سانتی‌متر (فلاحتکار و همکاران، ۱۳۹۹) به‌وسیله طناب و در ارتفاع ۲۵ سانتی‌متری از کف مخزن نصب گردید. روند تغییرات درجه حرارت آب پس از القای هورمونی تا زمان تخم‌ریزی در شکل ۱ نشان داده شده است.

اندازه‌گیری شاخص‌های تولیدمثلی: بر اساس میزان درجه حرارت و تجربیات گذشته درخصوص تولیدمثل این ماهی (فلاحتکار و همکاران، ۱۳۹۹، ۱۴۰۱)، از ۳ روز پس از تزریق هورمون، هر روز صبح لانه‌ها مورد بازدید و چک تخم‌ریزی قرار می‌گرفتند و درصورت مشاهده تخم، لانه مورد نظر برای طی مراحل انکوباسیون، به مخازن گرد بتنی با حجم تقریبی یک متر مکعب منتقل می‌شدند. مدت زمان رسیدگی مولدین براساس درجه-روز و درجه-ساعت

دکتر یوسف‌پور سپاهکل منتقل و در مخازن گرد بتنی با حجم آبگیری ۸۰۰ لیتر و قطر ۱۸۵ سانتی‌متر تا زمان القای هورمونی و تکثیر، نگهداری شدند. دبی آب در طی این دوره $۳/۲ \pm ۲۳/۱$ لیتر در دقیقه و فتوپریود در شرایط طبیعی قرار داشت. میزان اکسیژن محلول و pH آب نیز به‌ترتیب برابر $۱/۶ \pm ۸/۹$ میلی‌گرم در لیتر و $۷/۹ \pm ۰/۴$ اندازه‌گیری شد.

طراحی آزمایش: با رسیدن به محدوده دمایی مناسب جهت القای تکثیر، وزن و طول کل مولدین مناسب سوف سفید به‌ترتیب با دقت یک گرم و یک میلی‌متر توسط ترازوی دیجیتال و تخته زیست‌سنجی مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند (جدول ۱). قبل از عملیات زیست‌سنجی، ماهیان با عصاره پودر گل میخک به‌میزان ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بیهوش شدند (Falahatkar et al., 2022). مولدین پس از تزریق هورمون، در دو گروه ۱۶ تایی به مخازن بتونی مستطیلی شکل با ابعاد $۱/۱ \times ۳/۰۸ \times ۱۳$ متر (حجم آبگیری تقریبی ۴۴ متر مکعب) منتقل شدند. دو دوز تزریق در نظر گرفته شده برای مولدین شامل ۲۰۰ و ۴۰۰ IU هورمون گنادوتروپین کوریونیک انسانی (hCG);



شکل ۲- تعداد مولدین سوف سفید (*Sander lucioperca*) تخم‌ریزی کرده در روزهای مختلف پس از القای هورمونی با hCG در دو دوز مختلف (اعداد روی ستون‌ها تعداد ماهیان تخم‌ریزی کرده در آن روز را نشان می‌دهد)

مولدین در هر دو گروه آغاز شد، به طوری که بیشترین تعداد مولدین در این روز تخم‌ریزی کردند. این در حالی است که در روز پنجم، سایر مولدین گروه ۴۰۰ IU/kg نیز تخم‌ریزی کردند، اما در گروه ماهیان تزریق شده با ۲۰۰ IU/kg، ۲ مولد در روز ششم تخم‌ریزی نمودند (شکل ۲). بنابراین در هر دو گروه، ۱۰۰٪ ماهیان تخم‌ریزی نمودند. مقایسه دو گروه تزریقی حاکی از آن بود که در ماهیان تزریق شده با ۲۰۰ IU/kg، مدت زمان رسیدگی جنسی تا تخم‌ریزی برابر با $14/9 \pm 106/25$ درجه-روز و $255/6 \pm 144/16$ درجه-ساعت و در گروه ۴۰۰ IU/kg برابر با $10/7 \pm 98/5$ درجه-روز و $1315/17 \pm 152/9$ درجه-ساعت بود ($P > 0/05$). درصد لقاح نیز در ماهیان تزریق شده با ۲۰۰ IU/kg برابر $5/6 \pm 89/17$ درصد و در ماهیان تزریق شده با ۴۰۰ IU/kg برابر $2/9 \pm 91/09$ درصد بود که اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۲؛ $P = 0/234$). کیفیت لانه‌ها در دو گروه ماهیان نیز حاکی از وضعیت مناسب‌تر لانه در دو گروه ماهیان تزریق شده با ۴۰۰ IU/kg بود (شکل ۳؛ $P = 0/66$).

بحث و نتیجه‌گیری

این مطالعه با هدف بررسی اثر دو دوز hCG بر شاخص‌های تولیدمثلی مولدین سوف سفید وحشی انجام پذیرفت. نتایج مطالعه حاضر نشان داد استفاده از هورمون hCG در هر دو دوز مورد استفاده ۲۰۰ و ۴۰۰ IU/kg

با ضرب تعداد روزها و یا جمع ساعات در درجه حرارت آب از زمان القای تولیدمثل تا زمان تخم‌ریزی محاسبه گردید. درصد لقاح نیز ۴۸ ساعت پس از تخم‌ریزی با برداشت مقداری تخم چسبیده به لانه، مشاهده زیر لوپ و شمارش تعداد تخم‌های لقاح یافته و لقاح نیافته مورد محاسبه قرار گرفت (فلاح‌تکار و همکاران، ۱۳۹۹، ۱۴۰۱). کیفیت تخم‌ریزی بر روی لانه‌ها براساس پوشش مناسب تخم بر روی کل لانه و کیفیت تخم‌ها، به درجه خوب (۱۰۰٪)، متوسط (۵۰٪) و ضعیف (۲۵٪) تقسیم‌بندی شدند (Pourhosein Sarameh et al., 2012).

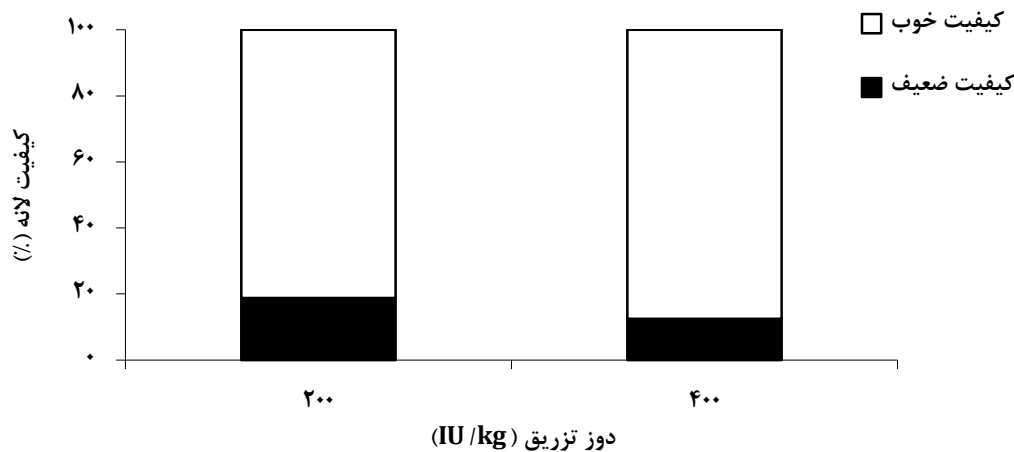
تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها: نرمال بودن کلیه داده‌های کسب شده در تحقیق حاضر با استفاده از آزمون گولموگروف-اسمیرنوف (Kolmogrov-Smirnov) و همگنی واریانس‌ها توسط آزمون لون (Levene) مورد بررسی قرار گرفتند. از داده‌های به صورت درصدی نیز قبل از تجزیه و تحلیل، Arcsin گرفته شد. سپس کلیه داده‌ها با استفاده از Independent Sample t-test و در سطح اطمینان ۹۵٪ مورد مقایسه قرار گرفتند. عملیات آماری از طریق نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ (SPSS, IBM, Armonk, USA) انجام شد و داده‌های درون متن به صورت میانگین \pm انحراف معیار ارائه گردید.

نتایج

پس از القای هورمونی، از صبح روز چهارم، تخم‌ریزی

جدول ۲- عملکرد تولیدمثلی مولدین سوف سفید (*Sander lucioperca*) تزریق شده با دو سطح هورمون گنادوتروپین کوریونیک انسانی (میانگین \pm انحراف معیار)

<i>P-value</i>	۴۰۰ IU/kg	۲۰۰ IU/kg	شاخص‌های تولیدمثلی
-	۱۰۰	۱۰۰	مولدین پاسخ داده شده به تزریق هورمون (%)
۰/۱۰۱	۹۸/۵ \pm ۱۰/۷	۱۰۶/۲۵ \pm ۱۴/۹	مدت زمان رسیدگی (درجه-روز)
۰/۰۸۴	۱۳۱۵/۱۷ \pm ۱۵۲/۹	۱۴۴۸/۱۶ \pm ۲۵۵/۶	مدت زمان رسیدگی (درجه-ساعت)
۰/۲۳۴	۹۱/۰۹ \pm ۲/۹	۸۹/۱۷ \pm ۵/۶	درصد لقاح



شکل ۳- وضعیت کیفیت لانه مولدین سوف سفید (*Sander lucioperca*) تزریق شده با دو دوز هورمون گنادوتروپین کوریونیک انسانی

مطالعات مختلفی به کارایی مناسب hCG در تکثیر ماهی سوف سفید اشاره داشته‌اند. به‌عنوان مثال، Zakęs و Demska-Zakęs (۲۰۰۵) سطح ۵۰۰-۱۰۰۰ IU/kg را برای القای اوولاسیون مناسب دانستند و درصد لقاح را بالای ۸۰٪ گزارش نمودند. Kucharczyk و همکاران (۱۹۹۶) نشان دادند که hCG در مقایسه با سایر هورمون‌ها (نظیر عصاره غده هیپوفیز کپور) دارای کارایی بالایی در همزمانی اوولاسیون و بهبود کیفیت تخم است. Křišt'an و همکاران (۲۰۱۳) نیز در مقایسه hCG و GnRHa مشخص کردند که برای القای تخمیزی مولدین سوف حتی با رسیدگی جنسی ناقص مناسب‌تر است.

دوزهای مختلفی از hCG در القای تولیدمثل ماهی سوف به‌کار گرفته شده است. به‌عنوان مثال، Zakęs و Demska-Zakęs (۲۰۰۱) از دوز ۴۰۰-۶۰۰ IU/kg برای ماده‌ها و Zakęs و همکاران (۲۰۰۱) از یک تزریق ۴۰۰ IU/kg و یا دو تزریق ۲۰۰ IU/kg و سپس ۴۰۰ IU/kg-۳۰۰ استفاده کردند. دو تزریق ۲۰۰ IU/kg نیز سبب اوولاسیون ۸۳/۳ درصدی ماهی سوف وحشی گردید

به‌خوبی سبب القای تولیدمثل و بهبود بازدهی تکثیر ماهی سوف سفید وحشی گردید، به‌طوری‌که اختلافی بین شاخص‌های اندازه‌گیری شده در این آزمایش مشاهده نشد و در محدوده دمایی مورد نظر، کلیه ماهیان به رسیدگی نهایی نایل شدند. درصد لقاح در مطالعه حاضر در هر دو گروه ماهیان تزریق شده با دو دوز hCG در حد مناسب و بالایی ثبت شد و در محدوده سایر مطالعات مشابه که درصدهایی نظیر کمتر از ۹۰٪ در مرحله بلاستولا (Pourhosein Sarameh et al., 2012)، ۸۸/۳٪ (Zarski et al., 2011) و ۷۰٪ (فلاح‌تکار و همکاران، ۱۳۹۹) را در ماهی سوف گزارش کردند، می‌باشد. به‌نظر می‌رسد شرایط مطلوب ماهیان مولد و دوز مناسب تزریق از عوامل تأثیرگذار روی این شاخص می‌باشد که می‌تواند در نهایت منجر به درصد تفریح بالاتر و لارو استحصال بیشتر و در مجموع افزایش بازدهی تکثیر گردد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد در هر دو دوز ۲۰۰ و ۴۰۰ IU/kg ماهیان با کارایی بالایی تولیدمثل نموده و درصد لقاح در حد ۹۱/۱-۸۹/۲٪ را نشان داد.

که دوزهای بالای IU/kg ۱۰۰۰ سبب فوق رسیده شدن اووسیت‌ها (Kucharczyk *et al.*, 1996)، کاهش کیفیت تخم‌ها (Rónyai and Lengyel, 2010) و در برخی موارد افزایش تلفات مولدین می‌گردد (Müller-Belecke and Zienert, 2008). همچنین دوزهای IU/kg ۴۰۰-۲۰۰ در نرها سبب افزایش حجم اسپرم (Alavi *et al.*, 2008) و تحرک اسپرم (بیش از ۸۵٪) می‌شود (Cejko *et al.*, 2018). البته این موضوع باید مدنظر قرار گیرد که در استفاده از hCG در سوف سفید باید به نگهداری این ماهی در دمای مناسب تکثیر و استفاده از دوز مناسب بر مبنای آمادگی ماهی، اندازه مولد و شرایط نگهداری توجه داشت. همان‌طور که اشاره شد hCG به‌عنوان یک هورمون گلیکوپروتئینی با فعالیت مشابه LH قادر به القای رسیدگی نهایی گنادها در هر دو جنس نر و ماده سوف می‌باشد (Rónyai and Lengyel, 2010). در ماهیان ماده، hCG سبب از سرگیری میوز و اوولاسیون می‌شود، در حالی که در نرها تولید و تحرک اسپرم را بهبود می‌بخشد (Kucharczyk *et al.*, 1996). علی‌رغم کارایی مناسب hCG استفاده از آن دارای محدودیت‌هایی از جمله تحریک سیستم ایمنی و پاسخ‌های متغیر در هر ماهی بسته به دوز مورد استفاده است (Alavi *et al.*, 2008). مکانیسم عمل و تأثیرگذاری hCG از طریق اتصال گیرنده‌های LH در سلول‌های تکا و گرانولوزا در گنادها (Nagahama and Yamashita, 2008) و تحریک تولید ۱۷آلفا، ۲۰بتا-دی‌هیدروکسی-۴-پرگن-۳-اون و رسیدگی نهایی گنادها می‌باشد (Thomas *et al.*, 2002; Żarski *et al.*, 2012). اثرگذاری دوزهای مختلف hCG در القای تولیدمثل ماهیان و از جمله سوف سفید به‌دلایلی نظیر تفاوت در گیرنده‌های گنادوتروپینی (Nagahama and Yamashita, 2008)، اختلاف در فعالیت آنزیم‌های استروئیدوژنیک و الگوی فردی مربوط به هر گونه در رشد و توسعه گنادی (Patino and Sullivan, 2002) می‌تواند باشد.

در مطالعه قبلی، با مقایسه تزریق دوزهای مختلف hCG در محدوده IU/kg ۱۰۰۰-۲۵۰، بهترین نتیجه در IU/kg ۷۵۰ به‌دست آمد، به‌طوری‌که ۱۰۰٪ ماهیان به رسیدگی نهایی نایل شدند، در حالی که درصد مولدین سوف پاسخ داده به هورمون با دوز IU/kg ۲۵۰، ۷۱٪ اعلام شد

(Zakęs and Demska-Zakęs, 2005). عمده کارهای تحقیقاتی در تکثیر مصنوعی سوف بر روی مولدین وحشی انجام شده است، اما مطالعات نشان می‌دهند القای تخم‌ریزی در مولدین پرورشی با دوز کم به‌راحتی امکان‌پذیر است؛ به‌گونه‌ای که Falahatkar و همکاران (۲۰۲۵) موفق به تکثیر متوالی چهار ساله سوف پرورشی از سن ۲ سالگی و با دوز IU/kg ۲۰۰ گردیدند. نتایج مشابهی نیز در تحقیق Zakęs در سال ۲۰۰۷ با دوز IU/kg ۲۰۰-۴۰۰ در ماهیان پرورشی ۲-۳ ساله گزارش شده است. Zakęs و Demska-Zakęs (۲۰۰۶) از دوز IU/kg ۲۰۰ با یک تزریق در دمای °C ۱۵-۱۰/۵ موفق به القای ۱۰۰٪ ماهیان شدند. همچنین یک دوز تزریق IU/kg ۲۰۰ در دمای °C ۱۵-۱۲/۵ درجه سانتی‌گراد نیز نتایج مشابهی را در پی داشت (Zakęs and Szczepkowski, 2004). به‌نظر می‌رسد استفاده از دوز، وابسته به مواردی چند از جمله آمادگی و مرحله رسیدگی تخمک، سن، شرایط پرورش و نحوه نگهداری ماهی و غیره است. همگی این مطالعات نقش و اهمیت hCG در همزمانی چرخه تولیدمثلی که اغلب در تکثیر سوف در محیط اسارت مشکل‌ساز است را نشان می‌دهند.

علی‌رغم تأثیرپذیری مناسب hCG در تکثیر سوف سفید، این امر باید مدنظر قرار گیرد که اثرگذاری مطلوب آن وابسته به دوز مورد استفاده است. عموماً دوزهای پایین منجر به شکست در اوولاسیون شده، در حالی که دوزهای بالاتر می‌توانند به فوق رسیدگی، کیفیت پایین تخم‌ها و کاهش بقای لاروها منجر شوند؛ چرا که به‌نظر می‌رسد با توجه به وابستگی به دوز مناسب، ماهی سوف سفید نسبت به سایر سوف ماهیان به دوز تزریق حساسیت زیادی دارد (Mylonas and Zohar, 2001)، به‌طوری‌که تزریق IU/kg ۱۵۰۰ به‌دلیل فوق رسیده شدن تخم‌ها سبب شکست در تولیدمثل شد (Zakęs *et al.*, 2005). این در حالی است که Rónyai و Lengyel (۲۰۱۰) نشان دادند چند تزریق hCG با دوزهای پایین (IU/kg ۲۵۰-۵۰۰) می‌تواند سبب بهبود همزمانی تخم‌ریزی بدون اثر بر کیفیت تخم‌ها شود. در مطالعه دیگری گزارش شده است دوز مطلوب تزریق به مولدین ماده بین IU/kg ۵۰۰-۷۰۰ می‌باشد که می‌تواند منتج به نرخ اوولاسیون ۸۰-۹۰ درصدی گردد (Żarski *et al.*, 2011). این در حالی است

(۲۰۱۹) با تزریق 500 IU/kg hCG مشاهده کردند که تخمک این ماهیان دارای محتوای چربی بالاتر و نسبت $n=6/n=3$ پایین‌تری در مقایسه با ماهیان تزریق شده با $50 \mu\text{g/kg}$ sGnRHa است.

همزمان‌سازی رسیدگی جنسی و افزایش درصد ماده‌های رسیده از مزایای استفاده از hCG در قیاس با سایر هورمون‌ها است، به طوری که در مطالعه حاضر نیز همه ماهیان ظرف روزهای ۴-۶ پس از تزریق تخم‌ریزی نمودند. این موضوع در مطالعات دیگری نیز به اثبات رسیده است. مناسب بودن کارایی این هورمون در القا و همزمانی تولیدمثل ماهی به دلیل بالا بودن نیمه‌عمر آن در جریان خون می‌باشد (Ohta and Tanaka, 1997). در برخی مطالعات مشابه، عدم تأثیرپذیری مقدار دوز مورد استفاده hCG بر کارایی تکثیر و تولیدمثل سوف سفید اشاره شده است (Zakeš and Demska-Zakeš, 2005).

درخصوص کیفیت تخم‌ریزی بر روی لانه‌ها، نتایج نشان داد بیش از ۸۰ درصد لانه‌ها در هر دو گروه تحت آزمایش دارای وضعیت مناسبی بودند و در گروه ماهیان 400 IU/kg تنها کمی بیش از گروه دیگر بود. این موضوع نشان از مناسب بودن مقدار تزریق hCG به ماهیان و دستیابی به کیفیت بیش از ۸۰ درصد را دارد چرا که در برخی مطالعات مشابه، این کیفیت بعضاً در حد برابر یا کمتر از این مقدار گزارش شده است (فلاحکار و همکاران، ۱۳۹۹؛ Pourhosein Saramah *et al.*, 2012). البته در این خصوص، عواملی نظیر وضعیت فیزیولوژیک و آمادگی مولدین، جفت شدن مناسب ماهیان نر و ماده بر روی لانه و تخم‌ریزی آنها، دوز مناسب تزریق و شرایط کمی و کیفی آب مخزن تخم‌ریزی می‌تواند بر کیفیت تخم‌ریزی بر روی لانه اثرگذار باشد.

مطالعات مقایسه‌ای نشان می‌دهند ماهی سوف سفید در قیاس با سایر ماهیان استخوانی به مقدار متوسطی از hCG نیاز دارد، ولی حساسیت بیش‌تری به دوز بالا از خود نشان می‌دهد. درخصوص مطالعات آتی می‌توان به ساخت و استفاده از هورمون‌های نو ترکیب، استفاده از روش‌های غیر هورمونی نظیر تنظیم نور و درجه حرارت در القای تولیدمثل این ماهی و تغییرات هورمونی با استفاده از دوزهای مختلف hCG اشاره نمود. در این بین، عوامل فیلوژنتیک، فیزیولوژیک و محیطی نیز در طراحی کار و

(Křišť'an *et al.*, 2013) که کمتر از مطالعه حاضر می‌باشد. با این وجود، در درصد تخم استحصالی، همآوری نسبی و کاری و اندازه تخمک، تفاوتی بین گروه‌های مختلف مشاهده نشد (Křišť'an *et al.*, 2013). این نتایج با داده‌های کسب شده در تحقیق حاضر با استفاده از دوزهای ۲۰۰ و 400 IU/kg که منجر به رسیدگی ۱۰۰٪ ماهیان گردید تطابق داشت.

در مطالعه حاضر، تفاوتی در مدت زمان رسیدگی جنسی بین دو گروه تحت آزمایش مشاهده نگردید به طوری که تزریق در دوزهای مختلف سبب رسیدگی ماهیان طی ۱۳۰/۵-۹۲/۵ درجه-روز بدون اختلاف معنی‌دار بین دو گروه گردید. در مطالعه قبلی، مدت زمان رسیدگی در ماهیان تزریق شده با دوزهای مختلف hCG بین ۷۸/۰۵ تا ۸۸ ساعت بود که اختلافی را بین تیمارها نشان نداد (Křišť'an *et al.*, 2013). این نتایج با سایر نتایج کسب شده توسط Rónyai (۲۰۰۷) با دو تزریق نیز مشابه بود. استفاده از 500 IU/kg نیز سبب رسیدگی ماهی طی ۴-۵ روز در دمای 13°C و ۳-۴ روز در دمای 15°C گردید (Zarski *et al.*, 2015). این درحالی است که Ljubobratović و همکاران (۲۰۱۹)، با تزریق 500 IU/kg hCG مدت زمان رسیدگی را جنسی را ۱۲۳/۲ ساعت و Falahatkar و همکاران (۲۰۲۲) با تزریق 200 IU/kg hCG، ۱۴۲ ساعت اعلام نمودند که به نظر می‌رسد دوز بالاتر سبب رسیدگی جنسی سریع‌تر در این گونه می‌گردد. این مورد با زمان رسیدگی زودتر در این ماهیان تزریق شده با 400 IU/kg در قیاس با 200 IU/kg در تحقیق حاضر نیز مشاهده گردید. همچنین Zarski و همکاران (۲۰۱۳) گزارش نمودند که با تزریق 500 IU/kg ماهیان ظرف ۴-۵ روز تخم‌ریزی می‌نمایند که این موضوع علاوه بر آمادگی مولدین، می‌تواند به دمای آب نیز بستگی داشته باشد. از آنجا که سطح LH در زمان رسیدگی نهایی تخمک‌ها افزایش می‌یابد (Mylonas *et al.*, 1998)، کارایی hCG و مدت زمان رسیدگی جنسی پس از تزریق هورمون ممکن است به طور نزدیکی با رسیدگی مولدین ماده در ارتباط باشد (Zarski *et al.*, 2015). به نظر می‌رسد استفاده از هورمون‌های مختلف و حتی دوزهای مختلف از یک هورمون سبب تغییر کیفیت تخمک گردد، به طوری که Ljubobratović و همکاران

مصنوعی و استفاده از هورمون با نگاهی به چگونگی اثرگذاری بر محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-گناد و عملکرد فیزیولوژیک ماهی می‌بایست انجام شود.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از همکاری و زحمات بی‌دریغ تمامی کارکنان مرکز تکثیر و بازسازی ذخایر ژنتیکی ماهیان دریایی شادروان دکتر یوسف پور کمال تشکر را داریم. همچنین از معاونت پژوهشی دانشگاه گیلان و اداره کل شیلات گیلان که در قالب طرح مشترک اهلی‌سازی ماهی سوف از پروژه مذکور حمایت کردند، سپاسگزار می‌گردیم.

اعمال پروتکل‌های تکثیر کنترل شده می‌بایست در نظر گرفته شوند. نتایج نشان می‌دهند hCG هورمونی مؤثر و کارا جهت القای تولیدمثل کنترل شده ماهی سوف سفید است و استفاده از دوزهای مناسب می‌تواند سبب همزمانی تولیدمثل، بهبود کیفیت گامت‌ها و بقای لاروها گردد. در هر حال، دوز بهینه مورد مصرف باید با دقت انتخاب شود تا منجر به عدم موفقیت در تولیدمثل نگردد. با توجه به قیمت هورمون hCG و عدم اختلاف معنی‌دار دو دوز مورد استفاده در تکثیر ماهی سوف در تحقیق حاضر، به نظر می‌رسد دوز ۲۰۰ IU/kg به خوبی در شرایط مطالعه انجام شده توانست موجب القای تخم‌ریزی این ماهی گردد. مطالعات آتی درخصوص بهینه‌سازی پروتکل تکثیر

منابع

- فلاح‌تکار ب.، عفت‌پناه ا.، رسولی کارگر ا. ۱۳۹۹. اثر نوع بستر و دمای تخم‌ریزی بر عملکرد رشد مولدین سوف معمولی (*Sander lucioperca*). بوم‌شناسی آبزیان. ۱۰(۳): ۸۱-۷۳.
- فلاح‌تکار ب.، جاوید رحمدل ک. ۱۴۰۱. دستورالعمل تکثیر و پرورش ماهی سوف سفید. انتشارات دانشگاه گیلان، رشت، ۲۱۶ ص.
- فلاح‌تکار ب.، عفت‌پناه ا.، غلامی ش.، رسولی کارگر ا. ۱۴۰۱. تکثیر کنترل شده ماهی سوف معمولی (*Sander lucioperca*) پرورشی؛ اولین گام در راستای اهلی شدن. شیلات (مجله منابع طبیعی ایران). ۷۵(۱): ۹۸-۸۷.
- Abdolmalaki S., Psuty I. 2007. The effects of stock enhancement of pikeperch (*Sander lucioperca*) in Iranian coastal waters of the Caspian Sea. *ICES Journal of Marine Science* 64(5), 973-980.
- Alavi S.M.H., Rodina M., Policar T., Linhart O. 2008. Sperm quality in fish: Determinants and affecting factors. *Theriogenology* 70(3), 393-401.
- Blecha M., Samarin A.M., Křišť'an J., Policar T. 2016. Benefits of hormone treatment of both sexes in semiartificial reproduction of pikeperch (*Sander lucioperca* L.). *Czech Journal of Animal Science* 61(5), 203-208.
- Cejko B.I., Krejszef S., Źarski D., Judycka S., Targońska K., Kucharczyk D. 2018. Effect of carp pituitary homogenate (CPH) and sGnRH α (Ovaprim) on northern pike (*Esox lucius*) spermiation stimulation and its effect on quantity and quality of sperm. *Animal Reproduction Science* 193(1), 217-225.
- Falahatkar B., Efatpanah I., Kestemont P. 2018. Pikeperch *Sander lucioperca* production in south part of the Caspian Sea: technical notes. *Aquaculture International* 26(5), 391-401.
- Falahatkar B., Javid Rahmdel K., Rasouli Kargar E., Gholami S. 2022. Evaluation of various hCG treatment strategies applied to domesticated pikeperch (*Sander lucioperca*) broodstock on nest-spawning performance. *Aquaculture International* 30(1), 73-85.
- Falahatkar B., Poursaeid S., Ershad Langroudi H., Efatpanah I., Meknatkhah B. 2024. Oocyte maturation and changes of plasma steroid levels in the wild and cultured pikeperch, *Sander lucioperca* following hormonal induction. *Caspian Journal of Environmental Sciences* 22(2), 555-566.
- Falahatkar B., Efatpanah I., Rasouli Kargar E., Rahmati M., Fontaine, P. 2025. Domestication may affect spawning performance of F1 pikeperch (*Sander lucioperca*) during consecutive captive reproduction. *Aquaculture Reports* 40(4), 102561.
- Křišť'an J., Alavi S.M.H., Stejskal V., Policar T. 2013. Hormonal induction of ovulation in pikeperch (*Sander lucioperca* L.) using human chorionic gonadotropin (hCG) and mammalian GnRH analogue. *Aquaculture International* 21(4), 811-818.
- Kucharczyk D., Kujawa R., Mamcarz A., Skrzypczak A., Wyszomirska E. 1996. Induced spawning in perch, *Perca fluviatilis* L., using carp pituitary extract and hCG. *Aquaculture Research* 29(11), 847-852.
- Ljubobratović U., Péter G., Sándor Z., Kugyela N., Rónyai A. 2019. The effect of hormonal preparation (gonadotropins vs. gonadoliberin) on pre-seasonally obtained eggs and larvae quality in pikeperch (*Sander lucioperca* L.). *Aquaculture International* 27(4), 1009-1024.
- Müller-Belecke A., Zienert S. 2008. Out-of-season spawning of pike perch (*Sander lucioperca* L.)

- without the need for hormonal treatments. *Aquaculture Research* 39(12), 1279-1285.
- Mylonas C.C., Woods L.C., Thomas P., Zohar Y. 1998.** Endocrine profiles of female striped bass (*Morone saxatilis*) during post-vitellogenesis, and induction of final oocyte maturation via controlled-release GnRH α -delivery systems. *General and Comparative Endocrinology* 110(3), 276-289.
- Mylonas C.C., Zohar Y. 2001.** Endocrine regulation and artificial induction of oocyte maturation and spermiation in basses of the genus *Morone*. *Aquaculture* 202(3-4), 205-220.
- Nagahama Y., Yamashita M. 2008.** Regulation of oocyte maturation in fish. *Development, Growth and Differentiation* 50(1), S195-S219.
- Ohta H., Tanaka H. 1997.** Relationship between serum levels of human chorionic gonadotropin (hCG) and 11-ketotestosterone after a single injection of hCG and induced maturity in the male Japanese eel, *Anguilla japonica*. *Aquaculture* 153(1-2), 123-134.
- Patino R., Sullivan C.V. 2002.** Ovarian follicle growth, maturation, and ovulation in teleost fish. *Fish Physiology and Biochemistry* 26(1), 57-70.
- Pourhosein Sarameh S., Falahatkar B., Azari Takami G., Efatpanah I. 2012.** Effects of different photoperiods and handling stress on spawning and reproductive performance of pikeperch *Sander lucioperca*. *Animal Reproduction Science* 132(3-4), 213-222.
- Rónyai A. 2007.** Induced out-of-season and seasonal tank spawning and stripping of pike perch (*Sander lucioperca* L.). *Aquaculture Research* 38(11), 1144-1151.
- Rónyai A., Lengyel S.A. 2010.** Effects of hormonal treatments on induced tank spawning of Eurasian perch (*Perca fluviatilis* L.). *Aquaculture Research* 41(9), e345-e347.
- Steenfeldt S., Fontaine P., Overton J.L., Policar T., Toner D., Falahatkar B., Horváth A., Ben Khemis I., Hamza N., Mhetli M. 2015.** Current status of Eurasian percid fishes Aquaculture. In: P., Kestemont, K., Dabrowski, R.S., Summerfelt (Eds.). *Biology and culture of percid fishes*. Springer, Dordrecht. pp: 817-841.
- Thomas P. 2012.** Rapid steroid hormone actions initiated at the cell surface and the receptors that mediate them with an emphasis on recent progress in fish models. *General and Comparative Endocrinology* 175(3), 367-383.
- Zakęs Z., Demska-Zakęs K. 2001.** Pikeperch reproduction in lake cages. *Wyd. IRS, Olsztyn*, 183, 24 p. (In Polish)
- Zakęs Z., Demska-Zakęs K. 2005.** Artificial spawning of pikeperch (*Sander lucioperca* (L.)) stimulated with human chorionic gonadotropin (hCG) and mammalian GnRH analogue with a dopamine inhibitor. *Archives of Polish Fisheries* 13(1), 63-75.
- Zakęs Z., Demska-Zakęs K. 2006.** Effects of artificial reproduction of wild pikeperch (*Sander lucioperca*) stimulated hormonally with human chorionic gonadotropin (hCG) and pregnant mare serum gonadotropin (PMSG). In: Z., Zakęs, K., Demska-Zakęs, J.M., Wolnicki (Eds.). *Reproduction, rearing and prophylactics of cyprinid fish and other species*. Wyd. IRS, Olsztyn. pp: 231-237. (In Polish)
- Zakęs Z., Demska-Zakęs K., Mucha M., Jelonek Z. 2001.** Effectiveness of hormonal stimulation in the controlled reproduction of pikeperch in lake cages. In: A., Wołos (Ed.). *Wyd. IRS, Olsztyn*. pp: 65-72 (in Polish).
- Zakęs Z., Szczepkowski M., Demska-Zakęs K. 2005.** Out-of-season spawning of pikeperch. *Wyd. IRS, Olsztyn*, No. 186, 26 p. (In Polish)
- Zakęs Z., Szczepkowski M. 2004.** Induction of out-of-season spawning of pikeperch, *Sander lucioperca* (L.). *Aquaculture International* 12(1), 11-18.
- Zakęs Z. 2007.** Out-of-season spawning of cultured pikeperch *Sander lucioperca* (L.). *Aquaculture Research* 38(13), 1419-1427.
- Żarski D., Horváth A., Held J.A., Kucharczyk D. 2015.** Artificial reproduction of percid fishes. In: P., Kestemont, K., Dabrowski, R.C., Summerfelt (Eds.). *Biology and culture of percid fishes*. Springer, Dordrecht. pp: 123-161.
- Żarski D., Kucharczyk D., Targońska K., Palińska K., Kupren K., Fontaine P., Kestemont P. 2012.** A new classification of pre-ovulatory oocyte maturation stages in pikeperch, *Sander lucioperca* (L.), and its application during artificial reproduction. *Aquaculture Research* 43(5), 713-721.
- Żarski D., Palińska K., Targońska K., Bokor Z., Kotrik L., Krejszef S., Kupren K., Horváth A., Urbányi B., Kucharczyk D. 2011.** Oocyte quality indicators in Eurasian perch, *Perca fluviatilis* L., during reproduction under controlled conditions. *Aquaculture* 313(1-4), 84-91.
- Żarski D., Fontaine P., Roche J., Alix M., Blecha M., Broquard C., Krol J., Milla S. 2019.** Time of response to hormonal treatment but not the type of a spawning agent affects the reproductive effectiveness in domesticated pikeperch, *Sander lucioperca*. *Aquaculture* 503(1), 527-536.

The effect of human chorionic gonadotropin on inducing propagation and reproductive performance of pikeperch (*Sander lucioperca*) broodstock

Bahram Falahatkar^{1*}, Mehdi Rahmati²

¹Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Iran.

²Dr. Yousefpour Marine Fishes Restocking and Genetic Conservation Center, Siahkhal, Iran.

*Corresponding author: falahatkar@guilan.ac.ir

Received: 27.Apr.2025

Accepted: 21.Aug.2025

Abstract

This study aimed to evaluate the effects of human chorionic gonadotropin (hCG) on reproductive performance of pikeperch (*Sander lucioperca*) under controlled conditions. Broodstock were transferred from the reservoir lake behind the Aras Dam to the Dr. Yousefpour Marine Fishes Restocking and Genetic Conservation Center. The fish were divided into two groups (n=16 per group): the first group received an hCG injection of 200 IU/kg, and the second group received 400 IU/kg administered at the pectoral fin base, followed by release into the concrete tanks (44 m³). For each group, 18 non-injected male broodstock were introduced, and each breeding pair was provided with an artificial willow bed. Spawning began on the fourth day in the morning post-injection, and 100% of broodstock in both groups completed spawning by the end of the sixth day. No significant differences were observed between the two groups in terms of degree-hours until the spawning as well as the fertilization rate. However, nest quality in the 400 IU/kg group was non-significantly higher than in the 200 IU/kg group. The results indicated that hCG is effective in inducing reproduction of pikeperch, and since most measured parameters showed no significant differences, a dose of 200 IU/kg can be sufficient if broodstock are fully mature.

Keywords: Hormonal induction, Spawning, Stock restoration, hCG, Pikeperch