



مقایسه خصوصیات زیستی و تولیدمثلی ماهی سوف سفید (*Sander lucioperca*) صید شده از محیط طبیعی و نگهداری شده در شرایط کارگاهی

بهرام فلاحتکار^{۱*}، فاطمه لواجو^۱، مهدی رحمتی^۲، بهمن مکنث‌خواه^۱

^۱گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، گیلان، ایران
^۲مرکز بازسازی و حفاظت از ذخایر ژنتیکی ماهیان دریایی شادروان دکتر یوسف‌پور، سیاهکل، گیلان، ایران.

چکیده

در تحقیق حاضر، برخی خصوصیات زیستی ماهی سوف سفید (*Sander lucioperca*) صید شده از دریاچه پشت سد ارس و ماهیان نگهداری شده در شرایط کارگاهی برای یکسال مورد بررسی قرار گرفت. تعداد نمونه‌های بررسی شده برای ماهیان صیدشده از طبیعت ۵۸ عدد و برای گروه پرورشی ۳۳ عدد بود. پارامترهای زیستی و فاکتورهای تولیدمثلی اندازه‌گیری شدند. طبق نتایج میانگین طول کل (۵/۴ ± ۵/۶ سانتی‌متر)، وزن (۴۴۲/۱ ± ۱۱۵۰/۵ گرم) و ضریب چاقی (۰/۲ ± ۰/۸۱) در ماهیان نگهداری شده در شرایط کارگاهی بیشتر از ماهیان وحشی است. ماهیان سوف سفید مورد بررسی در دو گروه ماهیان صیدشده از طبیعت و کارگاهی در دامنه سنی بین ۲-۴ سالگی قرار داشتند که گروه سنی ۳ سالگی بیشترین درصد از ترکیب سنی در هر دو گروه صیدشده از طبیعت (۵۳٪) و کارگاهی (۷۱٪) بود. رابطه طول-وزن در گروه صیدشده از طبیعت به صورت $W = 0.0047X^{3.1269}$ ، $R^2 = 0.7953$ و کارگاهی به صورت $R^2 = 0.6877$ ، $W = 0.0058X^{3.0794}$ بدست آمد. شیب خط رگرسیونی (< 3) در هر دو گروه نشانه الگوی رشد آلومتریک مثبت است. بین سنین مختلف اختلاف معنی‌داری در شاخص‌های گنادوسوماتیک، احشایی و هپاتوسوماتیک در دو جنس نر و ماده وجود دارد ($p < 0.05$). بیشترین تعداد تخمک/گرم در ماهیان نگهداری‌شده در شرایط کارگاهی (محدوده وزنی گناد ۸۰-۶۰ گرم، به تعداد ۲۱۸۳ در گرم) مشاهده گردید. نتایج نشان داد که بیشترین درصد فراوانی تخمک‌ها (در مرحله سوم-چهارم (۳۲٪)) در ماهیان نگهداری‌شده در شرایط کارگاهی بود. ایجاد شرایط مناسب تغذیه و محیط برای ماهی سوف سفید تأثیر زیادی بر رشد و تولیدمثل آن دارد. نتایج نشان داد که ماهیان صیدشده از طبیعت در شرایط کارگاهی قابلیت تکثیر و تولید بچه‌ماهی را دارند و می‌توان از آن‌ها برای بازسازی ذخایر بهره برد.

واژه‌های کلیدی: ماهی گالیت، فراوانی طولی، CPUE ثبت شده، CPUE استاندارد شده، گوشگیر، سیستان و بلوچستان

نوع مقاله:

پژوهشی اصیل

تاریخچه مقاله:

دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۱۶

پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۳۰

نویسنده مسئول مکاتبه:

بهرام فلاحتکار. گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، گیلان، ایران

ایمیل:

falahatkar@guilan.ac.ir

۱ | مقدمه

ماهی سوف (*Sander lucioperca*) از گونه‌های با ارزش اقتصادی و بومی ایران است که در حوضه آبریز جنوبی دریای خزر و آب‌های داخلی مانند رودخانه‌ها و سدها زندگی می‌کند (Falahatkar et al., 2018). و زیستگاه آنها اصولاً نواحی مصبی و کم‌شور با شوری کمتر از ۱۲ قسمت در هزار (ppt) می‌باشد (Koed et al., 2000). این ماهی به خاطر گوشت باکیفیت و طعم لذیذش اهمیت فراوانی در

تغذیه و نقش مهمی در تنوع زیستی و اکوسیستم‌های آبی ایفا می‌کند. همچنین به دلیل کیفیت غذایی، رشد سریع و بازارپسندی بالا به عنوان یک کاندیدای بالقوه برای پرورش متراکم در اروپا نیز شناخته شده است (Franz et al., 2022). متأسفانه صید بی رویه و تخریب زیستگاه‌ها منجر به تحلیل رفتن ذخایر طبیعی سوف سفید شده است. بنابراین سازمان شیلات ایران از سال ۱۳۶۸، بازسازی ذخایر این گونه را آغاز کرده است. طی این سال‌ها تکثیر نیمه‌طبیعی سوف سفید در ایران پیشرفت قابل توجهی

داشته است (Falahatkar et al., 2018, 2025). بدیهی است دستیابی به تکنیک‌های تکثیر مصنوعی و پرورش و همچنین تعیین نیازمندی‌های محیطی و تغذیه‌ای سوف سفید از مراحل حیاتی در روند پرورش این گونه محسوب می‌گردد که به‌طور مستقیم ظرفیت تولید را تحت تاثیر قرار می‌دهد و از این طریق بر سودآوری آن تاثیر می‌گذارد.

به همین دلیل، توسعه بهبود روش‌های پرورشی و مدیریت پایدار این گونه می‌تواند تاثیر قابل توجهی در ارتقای اقتصاد محلی و حفظ منابع طبیعی داشته باشد و از طرفی دیگر، امنیت غذایی و سلامت جامعه را تضمین کند.

بسیاری از ماهیان در طول عمر خود به رشد ادامه می‌دهند، بنابراین رشد و تولیدمثل از جنبه‌های مهم زیست‌شناسی یک گونه محسوب می‌شود، تا حدی که بقا و فراوانی افراد به آن وابسته است (Wootton, 1990; Ghanbarzadeh et al., 2021). ارتباط بین طول و وزن ماهی نقش مهمی در برآورد رشد، سن، مرگ و میر و مدیریت ذخایر آبیان دارد. این رابطه الگوی رشد ماهی را نشان می‌دهد و در ارزیابی و برنامه‌ریزی شیلاتی بسیار ارزشمند است (Chang et al., 2022; Jiang et al., 2022).

با توجه به کاهش شدید ذخایر طبیعی سوف سفید طی دهه‌های اخیر، اهمیت تکثیر کنترل‌شده مولدین صیدشده از محیط طبیعی و رهاسازی بچه‌ماهیان انگشت‌قد به منابع آبی طبیعی از برنامه‌های اصلی بازسازی ذخایر در دریای خزر است (Falahatkar et al., 2018). مطالعات Brummett و همکاران (2004) نشان داد که به منظور افزایش توان رقابتی آبی‌پروران، لازم است که تولید و پرورش بچه‌ماهی‌های با کیفیت بالا در اولویت قرار گیرد و رویکرد بر تولید بچه‌ماهیان انگشت‌قد با بالاترین کیفیت الویت اصلی است. از این‌رو، کیفیت بچه‌ماهیان رهاسازی‌شده در موفقیت برنامه بازسازی ذخایر به مراتب مهم‌تر از تعداد آنهاست. قیمت و کیفیت متغیر گوشت تازه سوف سفید در بازار و همچنین تقاضای دایمی و رو به افزایش آن توجه محققان را نیز به خود جلب کرده است. به همین دلیل، نگهداری و تکثیر ماهی در شرایط کنترل‌شده کارگاهی از طریق اهلی‌سازی به‌عنوان یک روش پایدار و مستعد برای تأمین ماهی برای مصرف انسانی مطرح شده است (Efatpanah and Falahatkar, 2019).

با توجه به هزینه‌های بالای تامین مولدین از طبیعت، مخاطرات انتقال آن با استرس زیادی همراه خواهد بود و شامل عواملی همچون تغییرات ناگهانی کیفیت آب، آسیب‌های فیزیکی، تراکم بالا، تطبیق تدریجی با شرایط جدید و همچنین احتمال عدم موفقیت تولیدمثلی در زمان انتقال می‌باشد، لذا روش‌های جایگزین از جمله اهلی‌سازی ماهیان و نگهداری ماهیان صیدشده از طبیعت و تکثیرشده در شرایط کارگاهی به منظور استفاده مجدد از آن‌ها برای تکثیر، مدنظر قرار گرفته است. در این راستا، حفظ و ارتقای کیفیت مولدین وحشی و نگهداری‌شده در شرایط کارگاهی و بررسی امکان تکثیر مجدد آن‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

در آبی‌پروری، تغییرات اصلی که در شرایط کنترل‌شده کارگاهی و فرآیند اهلی‌سازی رخ می‌دهد، شامل نیاز به سازگاری ماهی با دسترسی ثابت به غذا، عدم وجود شکارچیان و تراکم پرورش بالاتر از طبیعت است (Teletchea and Fontaine, 2014). نتایج مطالعات نشان می‌دهد که اهلی‌سازی تغییرات بزرگی را در سطح اکولوژیک، رفتاری، فنوتیپی و فیزیولوژیک بخصوص در نسل‌های اولیه ایجاد می‌کند (Milla et al., 2021). تغییرات فنوتیپی در طول این فرآیند، بر عملکردهای فیزیولوژیک متفاوتی نظیر رشد، تولیدمثل، پاسخ به استرس و ایمنی تاثیر می‌گذارد. این تغییرات ممکن است ناشی از عوامل متعدد درونی مانند ویژگی‌های ژنتیکی، هورمونی یا وضعیت سلامت و عوامل بیرونی شامل محیط زیست، شرایط اقلیمی، منابع غذایی و استرس‌های محیطی باشد (Milla et al., 2021).

اهلی‌سازی در ماهیان، برخلاف پستانداران که برای آن‌ها زمان زیادی (صدها سال) صرف می‌شود، بسیار سریع‌تر است و ممکن است تنها چند سال طول بکشد (Nynca et al., 2016; Teletchea, 2020). این یک فرآیند چندمرحله‌ای است و از انتقال ماهی‌های وحشی به محیط اسارت آغاز و تا زمان اصلاح‌نژاد ادامه می‌یابد (Teletchea, 2019; Nynca et al., 2020). توسعه تکنیک‌های القای تولیدمثل در محیط کارگاهی، امکان تکثیر ماهیانی که به صورت طبیعی در شرایط پرورشی تولیدمثل نمی‌کنند، را فراهم می‌کند و هزینه‌های مربوط به تزریق هورمون را کاهش می‌دهد (Falahatkar et al., 2025).

شدند. مولدین صیدشده از طبیعت تحت تکثیر نیمه‌مصنوعی قرار گرفتند. تیمارها شامل ماهیانی از دو گروه مولدین وحشی صید شده از طبیعت (W) و مولدین نگهداری‌شده در شرایط کارگاهی پس از تکثیر (C) در دو جنس نر و ماده در سنین مختلف بودند. هورمون HCG به میزان ۲۰۰ واحد بین‌المللی به ازای هر کیلوگرم وزن بدن برای جنس ماده (یک دوز برای هر دو تیمار) مورد استفاده قرار گرفت، در حالی که جنس نر به دلیل آمادگی تولیدمثلی هورمونی تزریق نشد (Falahatkar et al., 2025). پس از عملیات تکثیر، مولدین به مدت یکسال در شرایط کارگاهی در استخرهای خاکی ۴ هکتاری نگهداری شدند و مورد تغذیه با بچه کپورماهیان قرار گرفتند. ماهیان در شرایط یکسان و فتوپریود طبیعی قرار داشتند. انتخاب نمونه‌های مورد مطالعه به‌طور تصادفی و به تعداد ۵۸ عدد در شرایط وحشی و ۳۳ عدد نگهداری‌شده در کارگاه بود. نمونه‌ها بعد از صید به آزمایشگاه مرکز منتقل و مورد زیست‌سنجی قرار گرفتند. زیست‌سنجی نمونه‌ها، شامل اندازه‌گیری طول کل با خط‌کش (با دقت میلی‌متر، و وزن با ترازوی دیجیتال (با دقت گرم) بود.

۲-۲. تعیین رسیدگی جنسی

جهت بررسی رسیدگی جنسی ماهی‌ها، پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، گنادها مورد مطالعه قرار گرفتند و پس از توزین با ترازوی دیجیتال (دقت ۰/۱ گرم)، از روش ۶ مرحله‌ای برای تعیین مرحله رسیدگی جنسی ماهی استفاده شد (جدول ۱).

ماهیان وحشی سوف سفید در معرض عوامل محیطی طبیعی از جمله شکار و شکارچی قرار دارند، اما برای مولدین نگهداری‌شده در شرایط قابل کنترل کارگاهی، حذف این عوامل به معنای افزایش بقای ماهیان و کاهش استرس آنهاست. روند گنادوژنز در تولیدمثل و موفقیت تکثیر حائز اهمیت است و عوامل تاثیرگذار بر آن نیز بسیار حیاتی هستند، چراکه با حذف عوامل تهدیدکننده که ماهی در طبیعت با آن روبروست، احتمالاً این روند بهتر و سریعتر پیش خواهد رفت؛ از این رو این امر نقش مهمی در استراتژی‌های بازسازی ذخایر سوف سفید و کاهش فشار بر جمعیت‌های وحشی ایفا می‌کند. در این راستا، تاکنون مطالعه مقایسه‌ای بین مولدین سوف وحشی و مولدین نگهداری‌شده در شرایط کارگاهی انجام نشده است. بنابراین، مطالعه حاضر با هدف بررسی رابطه طول و وزن، تعیین میزان رشد و برخی از شاخص‌های زیستی و تولیدمثلی جنس‌های نر و ماده در دو گروه ماهیان وحشی و ماهیان نگهداری‌شده در شرایط کارگاهی ماهی سوف سفید انجام شد و نتایج این تحقیق می‌تواند راهگشای برنامه‌های تکثیر و آبروی پروری این گونه باشد.

۲ | مواد و روش‌ها

۲-۱. صید مولدین و شرایط نگهداری

مولدین سوف سفید وحشی در فصل زمستان از ذخیره‌گاه طبیعی، واقع در دریاچه پشت سد ارس (آذربایجان غربی) صید و به وسیله تانکر مجهز به کپسول اکسیژن به مرکز بازسازی و حفاظت از ذخایر ژنتیکی ماهیان دریایی شادروان دکتر یوسف‌پور سیاهکل، واقع در استان گیلان، انتقال داده

جدول ۱: مشخصه‌های مراحل رسیدگی جنسی سوف سفید (King, 1995)

مرحله	ویژگی‌ها
I	گناد توسعه نیافته، کوچک و شفاف می‌باشد و تخمک‌ها با چشم غیرمسلح قابل رویت نیستند.
II	تخمندان کدر و به رنگ نارنجی بوده و تخمک‌ها قابل رویت می‌باشند. در نمونه‌های بالغ این مرحله در دوره بعد از تخم‌ریزی نیز مشاهده شده و دوره استراحت گناد محسوب می‌شود.
III	تخمندان رشد کرده و قسمتی از حفره شکمی را پر می‌کند. تخمک‌ها بزرگ، مدور و شفاف بوده و به‌صورت توده‌های به هم چسبیده مشاهده می‌شوند.
IV	تخمندان در مرحله چهارم رسیدگی جنسی نارنجی پررنگ بوده و بیشتر حفره شکمی را پر می‌کند. رگ‌های خونی روی تخمندان مشاهده می‌شوند. تخمک‌ها بزرگ شده و از هم جدا می‌باشند.
V	تخمندان بزرگ بوده و کاملاً حفره شکمی را پر می‌کند. رگ‌های خونی روی تخمندان کاملاً توسعه یافته و در سراسر تخمندان مشاهده می‌گردند. با فشار بر شکم ماهی تخمک‌ها رها می‌شوند. تخمک‌ها کاملاً رسیده و شفاف می‌باشند.
VI	تخمندان چروکیده و شل می‌باشد و بقایای تخمک‌های رهاسازی نشده در تخمندان دیده می‌شود. بعد از مدتی شکل ظاهری تخمندان شبیه به مرحله ۲ می‌گردد.

۲-۳. تعیین سن

جهت تعیین سن، فلس‌های موجود در ناحیه بین باله پشتی و خط جانبی برداشت گردید. در این روش با شمارش دواير متحدالمرکز سالیانه روی فلس، سن ماهی تعیین شد (Biswas, 1993).

۲-۴. محاسبه رابطه طول-وزن

رابطه طول-وزن (LWR) با در نظر گرفتن زمان و نوع جنسیت از طریق فرمول $W=aL^b$ محاسبه و ضریب همبستگی نیز توسط فرمول لگاریتمی $\log W=\log a + b \log TL$ تعیین گردید.

در این فرمول W : وزن بر حسب گرم، L : طول کل بر حسب سانتی‌متر، a : ضریب ثابت و مقدار آغازین رشد و b : کمترین مربعات و ضریب رشد می‌باشد (Biswas, 1993). مقدار b برابر شیب منحنی است و مقدار آن، نوع رشد بدن یعنی همگون یا ناهمگون بودن را نشان می‌دهد.

۲-۵. محاسبه برخی از شاخص‌های زیستی

ضریب چاقی، شاخص احشایی، شاخص هپاتوسوماتیک (Biswas, 1993) و شاخص گنادوسوماتیک (Bagenal and Tesch, 1978) طبق فرمول‌های زیر محاسبه گردیدند:

$$100 \times ((\text{طول کل})^3 / (\text{سانتی‌متر})^3 / \text{وزن ماهی (گرم)}) =$$

ضریب چاقی

$$100 \times \text{وزن بدن (گرم)} / \text{وزن امعاء و احشاء (گرم)} =$$

شاخص احشایی (درصد)

$$100 \times \text{وزن کبد (گرم)} / \text{وزن کل بدن (گرم)} =$$

هپاتوسوماتیک (درصد)

$$100 \times \text{وزن بدن (گرم)} / \text{وزن گناد (گرم)} =$$

گنادوسوماتیک (درصد)

۲-۶. آنالیز آماری

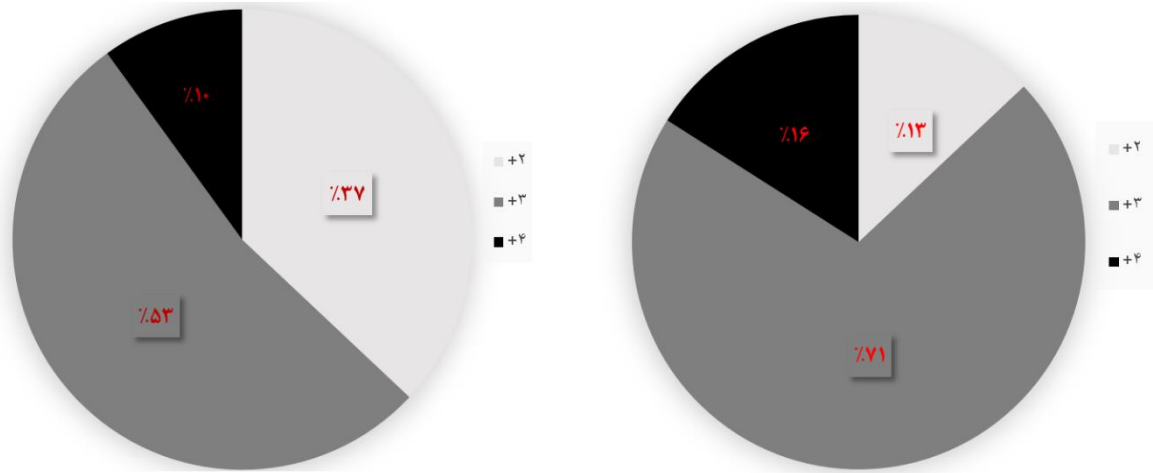
برای تحلیل‌های آماری در ابتدا داده‌ها تحت آزمون نرمال بودن Smirnov-Kolmogorov قرار گرفتند. پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از تجزیه واریانس و آزمون توکی به عنوان post hoc جهت مقایسه تفاوت‌های معنی‌دار میانگین داده‌ها در نظر

گرفته شد. جهت بررسی اثر محیط طبیعی و کارگاهی در دو جنس نر و ماده در طی سنین مختلف از آنالیز واریانس دو طرفه (Two-Way ANOVA) استفاده شد. جهت مقایسه برخی از شاخص‌ها در ماهیان ماده و نر در طی سنین مختلف از آزمون t -test مستقل استفاده گردید. معنی‌داری داده‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد در نرم‌افزار SPSS (Version 18, Chicago, USA) بررسی شد. از آزمون مربع کای طبق فرمول $X^2 = \sum (O_i - E_i)^2 / E_i$ جهت معنی‌دار بودن اختلاف تعداد نرها و ماده‌ها با نسبت قابل انتظار (۱:۱) استفاده گردید. داده‌ها به صورت میانگین $\pm$ انحراف معیار ارائه شدند.

۳ | نتایج

میانگین برخی از خصوصیات زیستی ماهی سوف سفید در دو گروه وحشی و نگهداری‌شده در شرایط کارگاهی در جدول ۱ آورده شده است. نتایج بدست آمده نشان داد که میانگین طول کل ($51/6 \pm 5/4$ سانتی‌متر)، وزن ($442/1 \pm 1150/5$ گرم) و ضریب چاقی ($0/2 \pm 0/81$ درصد) در شرایط کارگاهی بیشتر از گروه وحشی بود و تفاوت معنی‌داری را نشان دادند ($p < 0/05$)، در حالی‌که وزن گناد ($69/1 \pm 3/2$ گرم)، در ماهیان وحشی بیشتر از ماهیان نگهداری‌شده در شرایط کارگاهی محاسبه شد ($0/05 < p$).

دامنه سنی ماهیان سوف سفید مورد بررسی در دو گروه وحشی و ماهیان نگهداری‌شده در شرایط کارگاهی بین ۴-۲ سال بود که در این بین گروه سنی ۳ سال بیشترین درصد از ترکیب سنی را در هر دو گروه وحشی (۵۳ درصد) و کارگاهی (۷۱ درصد) دارا بودند (شکل ۱). فراوانی جنسی نشان داد که در هر دو گروه وحشی و کارگاهی جنس ماده درصد فراوانی بیشتری را بخود اختصاص داده است، به‌طوری‌که نسبت جنسی ماده به نر در گروه وحشی ۱:۴/۳ و در شرایط کارگاهی ۱:۱/۱۸ بود و آزمون مربع کای اختلاف معنی‌داری بین دو گروه وحشی و نگهداری‌شده در شرایط کارگاهی را نشان داد ($p < 0/05$).



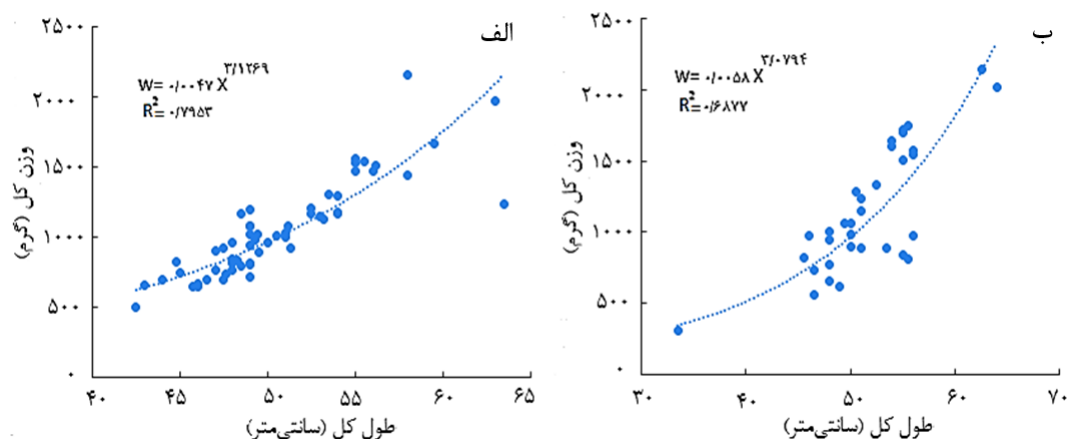
شکل ۱: درصد فراوانی گروه‌های سنی در ماهی سوف سفید (*Sander lucioperca*) در دو گروه مختلف (الف: وحشی، ب: کارگاهی)

جدول ۱. مقادیر برخی از خصوصیات زیستی در ماهی سوف سفید (*Sander lucioperca*) در دو گروه مختلف وحشی و کارگاهی (میانگین $\pm$ انحراف معیار)

نمونه	تعداد	کمترین	طول (سانتی‌متر) بیشترین	میانگین	کمترین	وزن (گرم) بیشترین	میانگین	ضریب چاقی	وزن گناد	محدوده سنی (سال)	فراوانی جنسی (درصد)	نسبت جنسی (F:M)
W	۵۸	۵۰۰	۲۱۵۰	$1044/9 \pm 336/8$	۴۲/۵	۶۳/۵	$50/6 \pm 4/5$	$0/79 \pm 0/1$	$69/1 \pm 3/2$	۴-۲	۸۰/۳۲ ماده، ۱۹/۶۷ نر	۱:۴/۳
C	۳۳	۳۰۶	۲۱۴۰	$1150/5 \pm 442/1$	۳۳/۵	۶۴	$51/6 \pm 5/4$	$0/81 \pm 0/2$	$21/1 \pm 1/5$	۴-۲	۵۴/۲۸ ماده، ۴۵/۷۱ نر	۱:۱/۱۸

شرایط کارگاهی به صورت $W = 0.058X^{3/0.794}$ و ضریب همبستگی $R^2 = 0.6877$ بدست آمد. همچنین شیب خط رگرسیونی یا ضریب b در هر دو شرایط بزرگتر از ۳ بود که نشانه الگوی رشد آلومتریک مثبت است.

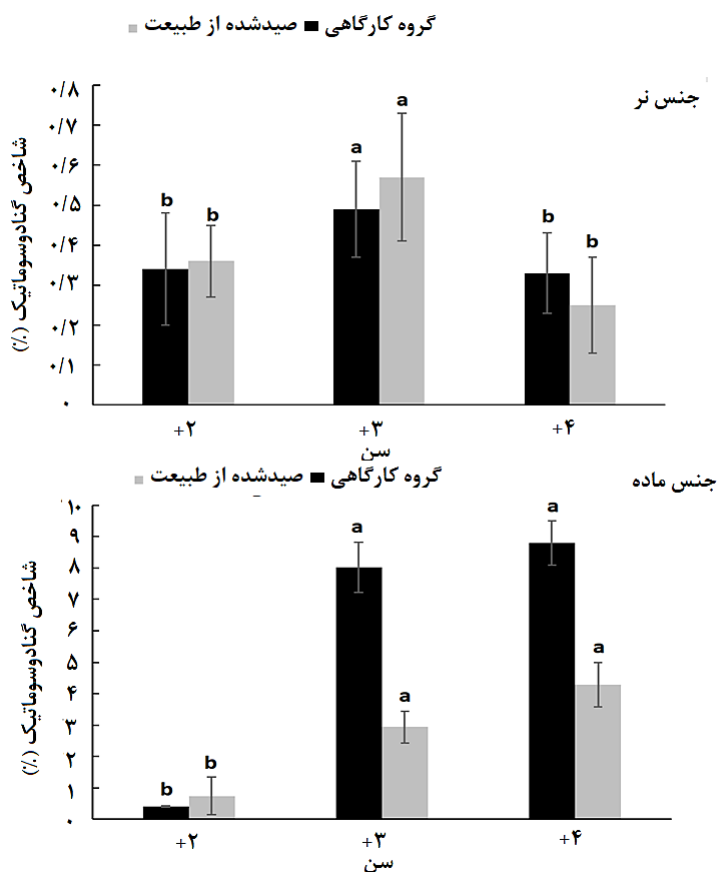
رابطه طول و وزن در این تحقیق در شکل ۲ آورده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده، رابطه طول-وزن در گروه وحشی به صورت $W = 0.047X^{3/1.269}$ و ضریب همبستگی $R^2 = 0.7953$ و در ماهیان نگهداری شده در



شکل ۲: رابطه طول کل و وزن ماهی سوف سفید (*Sander lucioperca*) در دو گروه مختلف (الف: وحشی، ب: کارگاهی)

به طوری که مقدار این شاخص در جنس ماده در ماهیان نگهداری شده در شرایط کارگاهی و در سن ۴+ بیشترین مقدار بود (شکل ۳).

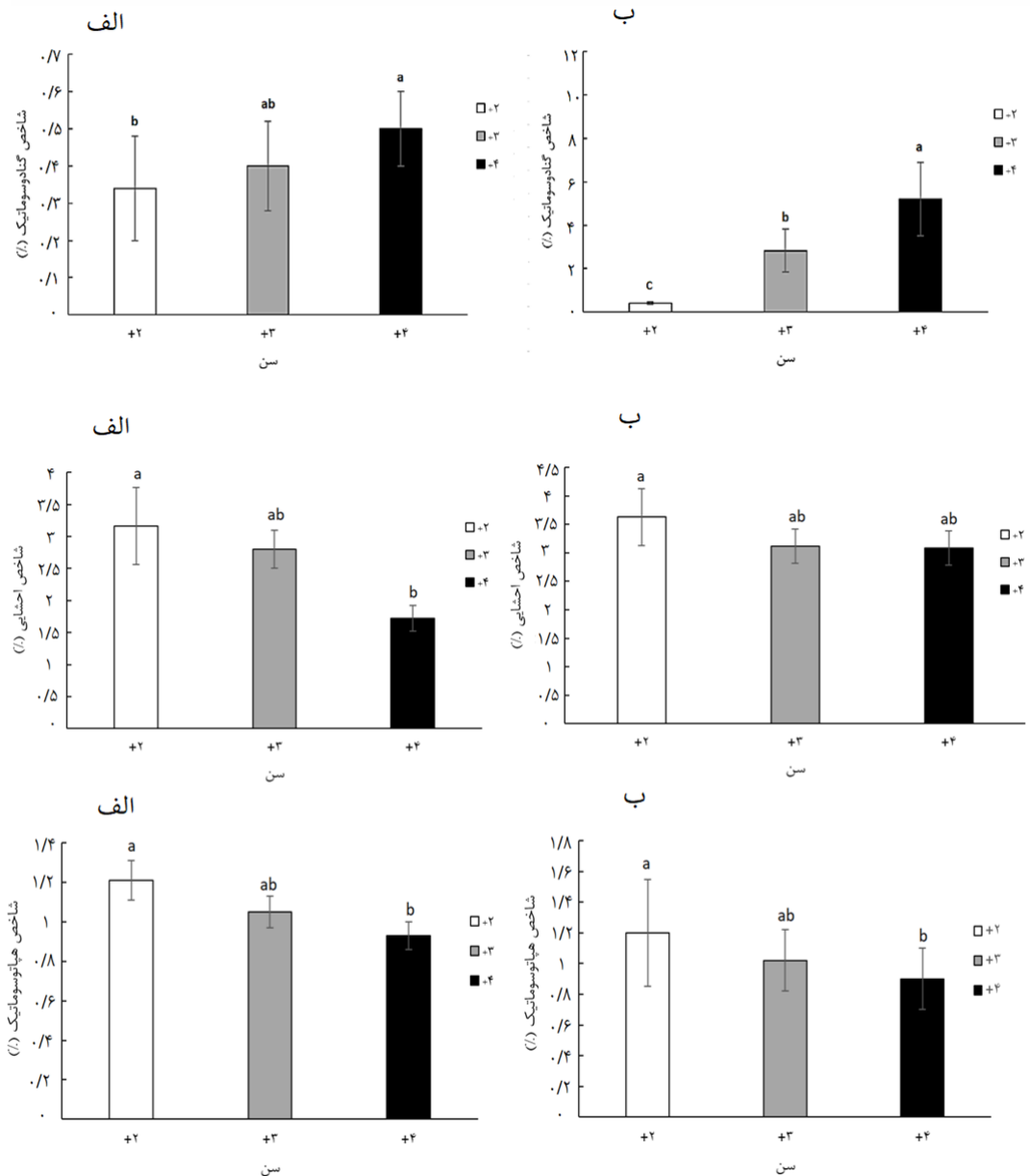
مقادیر شاخص گنادوسوماتیک در مقایسه دو گروه وحشی و نگهداری شده در شرایط کارگاهی اختلاف معنی داری بین سنین در هر دو جنس نر و ماده را نشان داد ($p < 0.05$).



شکل ۳: مقایسه شاخص گنادوسوماتیک در ماهی سوف سفید (*Sander lucioperca*) در دو گروه وحشی و کارگاهی

تفاوت معنی داری بین سنین را نشان داد ($p < 0.05$). مقدار این شاخص در جنس ماده در سن ۲ سالگی بیشترین مقدار بود و با افزایش سن مقدار این شاخص کمتر شد. در شاخص هپاتوسوماتیک بین سنین مختلف در هر دو جنس نر و ماده اختلاف معنی داری مشاهده شد ($p < 0.05$). مقدار این شاخص در جنس ماده در سن ۲ سالگی بیشترین مقدار بود.

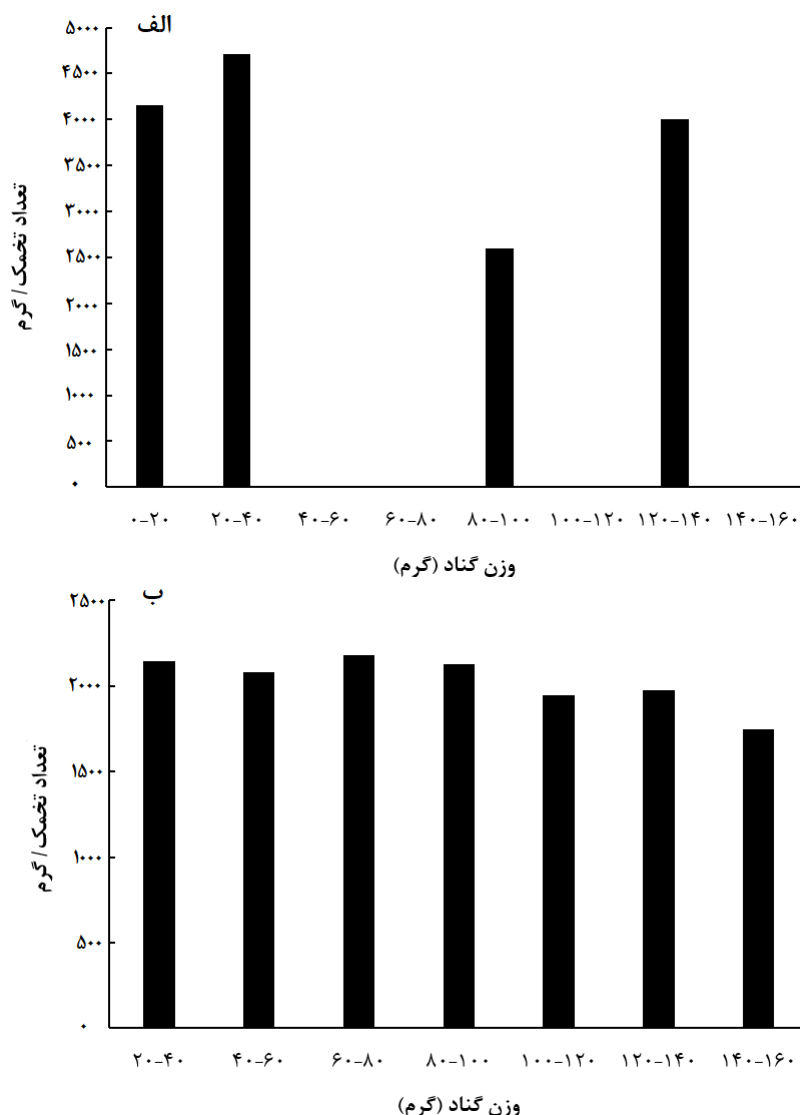
درصد شاخص های گنادوسوماتیک، احشایی و هپاتوسوماتیک در ماهی سوف سفید در سنین و جنس های مختلف (ماهیان وحشی) در شکل ۴ آورده شده است. بر طبق نتایج بدست آمده، در شاخص گنادوسوماتیک، بین سنین مختلف در هر دو جنس نر و ماده اختلاف معنی داری مشاهده شد ($p < 0.05$). مقدار این شاخص در جنس ماده بیشتر بود. درصد شاخص احشایی در ماهی سوف سفید نشان داد که این شاخص در دو جنس نر و ماده



شکل ۲: شاخص‌های کنادوسوماتیک، احتشایی و هیپانوسوماتیک در ماهی سوف سفید (*Sander lucioperca*) در سنین و جنس‌های مختلف (وحشی). الف: جنس نر، ب: جنس ماده.

نتایج همچنین نشان داد که در مرحله سوم-چهارم از فرآیند رسیدگی جنسی، در ماهیان نگهداری‌شده کارگاهی ۳۲ درصد از تخمک‌ها به وضعیتی رسیده‌اند که آماده برای تخم‌گذاری و تکثیر هستند.

نمونه‌های گناد در ۸ کلاسه وزنی (صفر تا ۱۴۰ گرم) در هر دو گروه وحشی و نگهداری‌شده در شرایط کارگاهی تفکیک شدند که بیشترین تعداد تخمک در گرم در ماهیان نگهداری‌شده در شرایط کارگاهی در محدوده وزنی گناد ۸۰-۶۰ گرم، با ۲۱۸۳ در گرم (شکل ۵ ب) مشاهده گردید.



شکل ۵: تغییرات تعداد تخمک ماهی سوف سفید (*Sander lucioperca*) در گرم در کلاسه‌های مختلف وزنی گناد. (الف) گروه وحشی، (ب) گروه کارگاهی

بحث

ماهی سوف سفید گونه‌ای ارزشمند و بومی است که به دلیل مشکلات ناشی از دخالت‌های انسانی، ذخایر طبیعی آن در کشور رو به نقصان گذاشته است (Abdolmalaki and Psuty, 2007). در نتیجه، بازسازی ذخایر این ماهی ارزشمند بسیار حائز اهمیت است. نتایج مطالعه حاضر از ماهیان وحشی و نگهداری شده در شرایط کارگاهی به مدت یک سال، نشان‌دهنده تطابق و تفاوت‌هایی در ویژگی‌های بیولوژیکی، از جمله طول، وزن، نرخ رشد، ساختار سنی و دیگر جنبه‌های پویایی جمعیت این گونه است. در این مطالعه، مقدار رشد در هر دو شرایط وحشی و نگهداری شده در شرایط کارگاهی از نوع مثبت بود (افزایش وزن در طول زمان). عموماً میزان ضریب رگرسیون (b) به طور معمول

در جمعیت ماهیان بین دو تا چهار در نوسان است (Bagenal, 1978; Froese et al., 2019) که در مطالعه حاضر در محدوده ۳ قرار داشت (رشد از نوع آلومتریک مثبت) و نشان داد با افزایش طول ماهی سوف، وزن آن هم افزایش یافته است؛ در نتیجه رشد این ماهی مثبت و از موازنه مثبت انرژی در هنگام سوخت و ساز، برخوردار است. نتایج مطالعه Shiguemoto و همکاران (2021) بر روی گربه ماهی *Pseudopimelodus mangurus* نشان داد که در شرایط اسارت بیشترین مقادیر وزن، نرخ رشد ویژه، طول و رشد مشاهده شد که نشان‌دهنده پذیرش جیره غذایی مصنوعی در پرورش این گونه است. همچنین مطالعه دو جمعیت وحشی و پرورشی ماهی آزاد نشان داد که مقادیر رشد در نمونه وحشی ۲۵٪

لحاظ تولیدمثلی آمادگی کامل داشته و افزایش فعالیت جنسی و افزایش شانس باروری در این مرحله اتفاق می‌افتد (Szkudlarek *et al.*, 2007). رشد و رسیدگی جنسی ماهی متأثر از مجموعه‌ای از عوامل داخلی (هورمون‌های گنادوتروپین) و خارجی (متغیرهای محیطی) است که سبب تکامل اووسیت‌ها می‌شوند (Ronyai, 2007; Ljubobratovic *et al.*, 2019). بنابراین نتیجه بدست‌آمده را می‌توان به میزان استرس پایین، تولید میزان مناسبی از گنادوتروپین و سازگاری سوف سفید در شرایط کنترل‌شده کارگاهی جهت گذراندن دوره تکامل جنسی نسبت داد. این نتایج می‌تواند به پژوهش‌ها و برنامه‌های پرورشی کمک کند تا بهبود فرآیند رسیدگی جنسی و تکثیر ماهیان در شرایط نگهداری شده در کارگاه را تسهیل کند و بهره‌وری از تولید تخمک‌ها و تکثیر ماهیان را افزایش دهد. شاخص گنادی به عنوان یک روش غیرمستقیم برای تخمین زمان تخم‌ریزی در ماهیان می‌باشد (Borthakur, 2018). همچنین این شاخص جهت ارزیابی میزان توسعه گنادها در دوره تولیدمثلی ماهیان به کار می‌رود (Bahuguna and Khatri, 2009). با توجه به نتایج مطالعه حاضر، بیشترین میزان شاخص گنادوسوماتیک در سن ۴ سالگی در ماهیان نگهداری شده در شرایط کارگاهی مشاهده شد. این نتایج بیانگر آن است که در این سن، ماهیان به بیشترین میزان توسعه‌ی گنادها رسیده‌اند و آمادگی بیشتری برای تخم‌ریزی دارند. این مقطع زمانی می‌تواند نقطه‌عطفی در برنامه‌ریزی نحوه مدیریت و بهره‌برداری ماهیان سوف باشد، زیرا با شناخت دقیق توسعه گنادها، می‌توان زمان بهینه برای تخم‌ریزی و برداشت تخمک‌ها را تعیین کرد. تفاوت موجود در رشد گنادی در ماهیان وحشی و ماهیان نگهداری‌شده در شرایط کارگاهی می‌تواند مربوط به عواملی مانند تغذیه، استرس، بیماری‌ها و عوامل محیطی در دو شرایط مرتبط باشد که تأثیرات مختلفی بر روی میزان هورمون‌های جنسی ترشح شده، کیفیت گامت‌ها و رشد و رسیدگی جنسی ماهیان دارد (Claret *et al.*, 2014). نتایج مطالعه Mustac و همکاران (2024)، نشان داد که وضعیت بدنی و شاخص گنادی در ماهیان پرورشی بوگه (*Boops boops*) بیشتر از ماهیان وحشی است و دلیل احتمالی این امر را در دسترس بودن غذای کافی و بهینه برای نمونه‌های پرورشی در مقایسه با وحشی بیان داشتند. مطالعه مقایسه‌ای بین

کمتر از نمونه پرورشی بود (Solberg *et al.*, 2013). میزان رشد ماهی تا حد زیادی متغیر است و به عوامل محیطی و درونی گوناگونی همچون نوسانات فصلی، رقابت، تغییرات پارامترهای زیست‌محیطی مثل درجه حرارت و شوری، جنسیت، شرایط تغذیه‌ای و مراحل رسیدگی جنسی ماهی مربوط می‌باشد (Bagenal, 1978; Kiabi *et al.*, 1999; Asadollah *et al.*, 2017; Ghanbarzadeh *et al.*, 2021).

ضریب چاقی یکی از فاکتورهای مهم در ارزیابی رشد مناسب ماهیان در محیط‌های مختلف است. این ضریب در ماهیان نشان‌دهنده اثر متقابل بین عوامل زیستی و غیرزیستی در شرایط مختلف فیزیولوژیک است (Ajibare and Loto, 2022). برآورد ضریب چاقی در گونه‌های ماهیان وضعیت جمعیت‌ها در طول مراحل مختلف چرخه زندگی را نشان می‌دهد (Rolles *et al.*, 2023). در مطالعه حاضر، ضریب چاقی در ماهیان نگهداری شده در شرایط کارگاهی بیشتر از ماهیان وحشی بود که نشان‌دهنده مطلوب بودن شرایط نگهداری سوف سفید از نظر فضا و تغذیه می‌تواند باشد. اندازه و توان رشد ماهیان با قرار گرفتن در شرایط محیطی مختلف، متفاوت است و تراکم یا فضای پرورش، تغذیه، عوامل بیماری‌زا و فصل تولیدمثلی در میزان ضریب چاقی ماهیان بسیار تأثیرگذار است (Downs *et al.*, 2020).

در مطالعه حاضر، دامنه سنی ماهیان سوف سفید مورد بررسی نشان داد که گروه سنی ۳ سال بیشترین درصد از ترکیب سنی را به خود اختصاص داده‌اند. معمولاً نرها در سن ۲-۳ سالگی و ماده‌ها در سن ۳-۴ سالگی آمادگی تولیدمثلی را به دست می‌آورند (Wang *et al.*, 2009). در این سن مولدین دارای شرایط لازم برای تکثیر هستند، به‌طوری‌که در مواردی می‌توان استحصال تخم از مولدین آماده تخم‌دهی بدون تزریق هورمون در شرایط نگهداری شده در کارگاه انجام داد. از طرفی دیگر، انتخاب مولدین با ویژگی‌های مطلوب مانند اندازه نسبتاً بزرگ با سن بلوغ جنسی به پرورش‌دهندگان این امکان را می‌دهد که به تولید تخم بزرگ‌تر و در نتیجه لارو بزرگ‌تر و بازدهی بیشتر آبی‌پروری دست یابند. نتایج این مطالعه نشان داد مرحله سوم-چهارم رسیدگی جنسی در ماهی سوف سفید بیشترین درصد از مراحل رسیدگی جنسی را به خود اختصاص داده است. در این مراحل، ماهیان سوف سفید از

دو جمعیت وحشی و پرورشی ماهی سنگسر طلایی (*Larimichthys crocea*) نشان می‌دهد که رژیم غذایی مناسب در شرایط مطلوب پرورشی، با فراهم آوردن مجموعه متنوعی از مواد مغذی، بر کیفیت گوشت و رشد ماهی‌های پرورشی تاثیر مثبت دارد (Zheng et al., 2024). به طور خلاصه، می‌توان گفت که ماهیان پرورشی به دلیل دسترسی به تغذیه مناسب‌تر و شرایط محیطی کنترل‌شده‌تر، در سننن پایین‌تری نسبت به ماهیان صیدشده از طبیعت به بلوغ جنسی و آمادگی برای تخم‌ریزی می‌رسند؛ همچنین شاخص گنادوسوماتیک بیشتری در مقایسه با نوع وحشی دارند.

شاخص هپاتوسوماتیک نمایی از زرده‌سازی در ماده‌ها است و وضعیت تولیدمثلی ماهیان را نشان می‌دهد. در مطالعه حاضر، شاخص هپاتوسوماتیک با افزایش سن روند کاهشی در ماهیان صیدشده از طبیعت را نشان داد. برآورد میزان شاخص هپاتوسوماتیک در مطالعه Evans و Claiborne (2005) نشان داد که این شاخص در جنس نر و ماده ماهی کفال خاکستری (*Mugil cephalus*) در سننن پایین ۱ و ۲ سالگی بیشترین مقدار است و بتدریج با افزایش سن از میزان این شاخص کم می‌شود. شاخص هپاتوسوماتیک در زمان تجمع زرده در تخمک‌ها، زیاد می‌شود که این امر مؤید فعالیت‌های اصلی کبد در رابطه با تولیدمثل است (Ghelichi et al., 2004). در مطالعه‌ای که روی ماهی *Alosa braschnikowi* انجام شد، نتایج نشان داد که شاخص هپاتوسوماتیک در مرحله زرده‌سازی روند افزایشی داشت (Mazheri et al., 2018). زرده‌سازی موجب افزایش متابولیسم کبد شده و به دنبال آن باعث بزرگ‌شدن کبد و در نهایت افزایش شاخص هپاتوسوماتیک می‌شود (Hristensen et al., 1999). شرایط محیطی هم بر روی شاخص هپاتوسوماتیک تاثیرگذار است (Dambo et al., 2021). نتایج مطالعات نشان می‌دهد که در شرایط استرس، شاخص هپاتوسوماتیک به دلیل اختلال در عملکردهای متابولیک بدن کاهش می‌یابد (Chellappa et al., 2006; Dambo et al., 2021). از آنجایی که شاخص هپاتوسوماتیک معمولاً به نسبت وزن کبد به وزن بدن اشاره دارد و در شرایط استرس، این نسبت می‌تواند تغییر کند و به کاهش وزن کبد یا عدم رشد مناسب آن منجر شود (Dambo et al., 2021). در محیط طبیعی سوف

سفید با انواع مختلفی از عوامل تنش‌زا مانند تغییرات ناگهانی دمای آب، کمبود اکسیژن، کمبود غذا و شکارچی روبروست بنابراین بدن او برای مقابله با این وضعیت انرژی بیشتری مصرف می‌کند (Schafer et al., 2021). شاخص هپاتوسوماتیک با افزایش سن در ماهی سوف سفید به این دلیل کاهش می‌یابد که با رسیدن به بلوغ، سوف سفید انرژی بیشتری به تولیدمثل اختصاص داده است و فعالیت متابولیکی کبد نسبتاً کم می‌شود.

در مطالعه حاضر، تعداد تخمک/گرم و وزن گناد در نمونه‌های نگهداری شده در شرایط کارگاهی بیشتر از نمونه‌های وحشی بود. در ابتدای رسیدگی جنسی با افزایش سن ماهی، وزن گناد هم به دلیل عواملی همچون توسعه گنادی، تولید سلول‌های جنسی و ذخیره‌سازی مواد مغذی افزایش می‌یابد (Ugrin et al., 2023). در مطالعه حاضر، در شرایط نگهداری شده در کارگاه با افزایش سن ماهی (که در واقع با افزایش وزن و طول آن همراه است)، وزن گناد هم افزایش یافت. این مطلب بدان معناست که بهینه‌بودن شرایط کارگاهی و تغذیه مناسب به موازات رشد ماهی و افزایش سن آن، بر میزان وزن و قطر تخمک می‌افزاید (Szkudlarek et al., 2007). با افزایش سن و رسیدگی جنسی، قطر تخمک و میزان زرده‌سازی افزایش می‌یابد و بدین ترتیب فضای داخل حفره شکمی اشغال می‌شود. در این مطالعه تعداد تخمک در ماهیان نگهداری‌شده در شرایط کارگاهی بیشتر از ماهیان وحشی بود. نتایج تحقیقات بر روی سوف سفید نشان می‌دهند که موفقیت لقاح در شرایط نگهداری‌شده کارگاهی بالا (۸۱٪ تا ۹۸٪) است (Nynca et al., 2025; Falahatkar et al., 2022) و دلیل این امر را اینگونه می‌توان بیان نمود که مولدین نگهداری‌شده در شرایط کارگاهی در وضعیت مساعدتری به لحاظ تولیدمثلی قرار دارند و چنین شرایطی به دلیل کاهش استرس، غذای در دسترس کافی، کیفیت آب، دما و نور مناسب امکان تولید تخمک با تعداد بیشتر را مهیا نموده است (Nynca et al., 2020). این امر نشان‌دهنده این است که امکان تولیدمثل موفقیت‌آمیز این گونه ماهی در شرایط پرورشی وجود دارد و این نتیجه می‌تواند در توسعه صنعت پرورش سوف سفید موثر باشد. طبق نتایج تحقیقات، شرایط پرورشی و تغذیه با جیره‌های تجاری منجر به تغییرات پروتئین‌های متابولیک در تخم‌های ماهیان ماده می‌شود که منعکس‌کننده انطباق این ماهی با جیره‌های

جمعیت‌های طبیعی این گونه ایفا می‌نماید. بنابراین، استفاده از روش‌های پرورشی در محیط‌های کنترل‌شده، ضمن کاهش هزینه‌ها و بهره‌وری اقتصادی، به حفظ و مدیریت پایدار جمعیت‌های طبیعی ماهیان سوف سفید کمک شایانی خواهد نمود و منجر به توسعه صنعت پرورش این گونه و کاهش فشار بر ذخایر طبیعی می‌شود.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله مراتب تشکر و قدردانی خود را از پرسنل مرکز بازسازی و حفاظت از ذخایر ژنتیکی ماهیان دریایی شادروان دکتر یوسف‌پور سیاهکل و همچنین جناب آقای دکتر عفت‌پناه که در مراحل مختلف این تحقیق و با در اختیار گذاشتن امکانات و تجهیزات لازم کمال همکاری را داشته‌اند ابراز می‌داریم.

مشارکت نویسندگان

مشارکت نویسندگان در مقاله مستخرج از دستنوشته حاضر به شکل زیر باشد:

نویسنده اول: طراحی پژوهش، نظارت بر مراحل انجام پژوهش، بررسی و کنترل نتایج، اصلاح، بازبینی و نهایی‌سازی مقاله

نویسنده دوم: انجام محاسبات، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، تحلیل و تفسیر اطلاعات و نتایج، تهیه پیشنهاد مقاله، بازبینی و نهایی‌سازی مقاله

نویسنده سوم: تهیه و آماده‌سازی نمونه‌ها، همکاری در اجرای آزمایش

نویسنده چهارم: تهیه و آماده‌سازی نمونه‌ها، همکاری در اجرای آزمایش

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

تجاری می‌باشد؛ جیره‌ای که در مقایسه با جیره‌های طبیعی ترکیبات کاملاً متمایزی دارند (Nynca et al., 2020). همچنین فراوانی کمتر پروتئین‌های شوک حرارتی در تخم‌های ماهی‌های اهلی‌شده سوف سفید ممکن است نشان‌دهنده سازگاری آن‌ها با شرایط آبی‌پروری و کاهش استرس‌های محیط پرورش یا تحمل بهتر آنها در برابر استرس ناشی از شرایط کارگاهی باشد (Nynca et al., 2020). نتایج مطالعات نشان داد که در گربه‌ماهی میزان لقاح در شرایط کارگاهی همانند ماهیان وحشی است (Shiguemoto et al., 2020)، به طوری که میزان لقاح در این گونه با افزایش طول کل و دما افزایش یافت و این امر را مربوط به کیفیت و کمیت غذای مصرفی و عوامل محیطی نسبت دادند (Taylan and Uluturk, 2007). سوف سفید یکی از گونه‌های مهم و مناسبی برای صنعت آبی‌پروری است. بر اساس یافته‌های تحقیق، شناخت جنبه‌های زیستی ماهی سوف سفید در شرایط گوناگون، از جمله محیط‌های طبیعی و کارگاهی، نقش مهمی در بهبود روش‌های پرورشی و بهره‌وری صنعت تکثیر این گونه ایفا می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که تفاوت‌های موجود در پارامترهای رشد مانند طول و وزن و شاخص‌های زیستی بین این دو وضعیت، ناشی از سازگاری ماهی با شرایط متفاوت، از جمله تغذیه، رقابت، استرس و نوع محیط پرورشی است. نگهداری و پرورش مولدین تخم‌ریزی‌کرده در محیط‌های کنترل‌شده، به عنوان یک استراتژی موثر در صنعت آبی‌پروری، می‌تواند به کاهش هزینه‌های مربوط به تهیه و انتقال مولدین صیدشده از طبیعت و کاهش وابستگی به صید از منابع طبیعی منجر شود. همچنین، تولید و نگهداری مولدین در این محیط‌ها، امکان تکرار فرآیندهای تولیدمثل و افزایش تعداد نسل‌های قابل تکثیر را فراهم می‌آورد و در نتیجه، نقش مهمی در حفاظت از

References

- Abdolmalaki, S., and 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: 973-980.
- Ajibare, A.O. and Loto, O.O. 2022. Length-weight relationship and condition factor of *sarotherodon melanotheron* and

- Tilapia guineensis* in Lagos lagoon, Nigeria. *Agrosearch*, 21, 57-66. <https://dx.doi.org/10.4314/agrosh.v21i1-2.5>.
- Asadollah, S., Soofiani, N.M., Keivany, Y., Hatami, R. 2017. Age and growth of the Mesopotamian Barb, *Capoeta damascina*, in central Iran. *Iranian*

- Journal of Fisheries Sciences, 16, 511-521. <http://jifro.ir/article-1-2716-en.html>.
- Bagenal, T.B., Tesch, F.W. 1978. Age and growth. In: Bagenal, T.B., (Ed). Methods for assessment of fish production in freshwater, 3rd edition. Blackwell Scientific Publication, Oxford, UK, pp.101-136.
- Bahuguna, S.N., Khatri, S. 2009. Studies on fecundity of a hill stream loach *Noemacheilus montanus* (Mc Clelland) in relation to total length, total weight, ovary length and ovary weight. Our Nature, 7, 116-121. <https://doi.org/10.3126/on.v7i1.2558>.
- Biswas, S.P. 1993. Manual of methods in fish biology. South Asian Publishers Pvt Ltd, India. p.157.
- Borthakur, M.K. 2018. Study of gonadosomatic index and fecundity of fresh water fish *Xenontodon cancila*. Journal of Entomology and Zoology Studies, 6, 42-46.
- Chang, S.K., Chou, Y.T., Hoyle, S.D. 2022. Length-weight relationships and otolith-based growth curves for *Brushtooth lizardfish* off Taiwan with observations of region and aging-material effects on global growth estimates. Frontiers in Marine Science, 9, 921594. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.921594>.
- Claret, A., Guerrero, L., Ginés, R., Grau A, Hernández, M.D., Aguirre, E., Peleteiro, J.B., Fernández-Pato, C., Rodríguez-Rodríguez, C. 2014. Consumer beliefs regarding farmed versus wild fish. Appetite, 79, 25-31. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2014.03.031>.
- Chellappa, S., Huntingford, F.A., Strang, R.H.C., Thomson, R.Y. 2006. Condition factor and hepatosomatic index as estimates of energy status in male three-spined stickleback. Journal of Fish Biology, 47, 775-787. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1995.tb06002.x>
- Dalsgaard, J., Ivar, L., Ragnheidur, T., Asbjørn, D., Kaj, A., Per, P. 2013. Farming different species in RAS in NORDIC countries: current status and future perspectives. Aquacultural Engineering, 53, 2-13. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2012.11.008>.
- Dambo, A., Solomon, S.G., Ayuba, V.O., Okayi. R.G. 2021. Study on condition factor and hepatosomatic index of *Bagrus bayad* (Forsskal, 1775) and *Synodontis nigrita* (Valenciennes, 1840) from Kangimi Reservoir, Kaduna State, Nigeria. Bayero Journal of Pure and Applied Science, 14, 2. <https://doi.org/10.4314/bajopas.v14i2.23>.
- Downs, S.M., Ahmed, S., Fanzo, J., Herforth, A. 2020. Food environment typology: Advancing an expanded definition, framework, and methodological approach for improved characterization of wild, cultivated, and built food environments toward sustainable diets. Foods, 9, p.532. <https://doi.org/10.3390/foods9040532>.
- Efatpanah, I., Falahatkar, B. 2019. Analytical report of pikeperch (*Sander lucioperca*) stock rehabilitation effects on its recruitment and landings value in southern coasts of the Caspian Sea. The 1st International Conference on the Caspian Sea Environment & Sustainable Development. October 1-2, Rasht, Iran. (In Persian).
- Evans, D.H., Claiborne, J.B. 2005. The physiology of fishes. Boca Raton (Florida), 3rd Ed, CRC Press, USA. p.616. <https://doi.org/10.1201/9781420058093>.
- 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, <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2024.102>

- 561.
- Falahatkar, B., Efatpanah, I., Kestemont, P. 2018. Pikeperch *Sander lucioperca* production in the south part of the Caspian Sea: Technical notes. *Aquaculture International*, 26, 391-401. <https://doi.org/10.1007/s10499-017-0222-2>.
- Franz, G.P., Tönißen, K., Rebl, A., Lutze, P., Grunow, B. 2022. The expression of myogenic gene markers during the embryo-larval transition in pikeperch (*Sander lucioperca*). *Aquaculture Research*, 53, 4767-4781. <https://doi.org/10.1111/are.15969>.
- Froese, R., Winker, H., Coro, G., Demirel, N., Tsikliras, A., Dimarchopoulou, D., Scarcella, G., Palomares, M., Dureuil, M., Pauly, D. 2019. Estimating stock status from relative abundance and resilience. *ICES Journal of Marine Science*, 77, 527-538. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsz230>.
- Ghanbarzadeh, M., Kamrani, E., Ranjbar, M.S., Salarpouri, A., Walters, C. 2021. Reproductive biology of Indian halibut, *Psettodes erumei* from the northern Persian Gulf and Oman Sea (Teleostei: Psettodidae). *Iranian Journal of Ichthyology*, 8, 1-13. <https://doi.org/10.22034/iji.v8i1.434>.
- Ghelichi, A., Oryan, S., Ahmadi, M., Kazemi, R., and Hallajian, A. 2004. Histology of different stages of ovary development in the grey mullet and Gomishan shrimp. *Journal of Agricultural Science and Natural Resource*, 10, 115-124.
- Hristensen, H., Mackinnon, A.J., Korten, A.E., Jorm, A.F., Henderson, A.S., Jacomb, P., Rodgers, B. 1999. An analysis of diversity in the cognitive performance of elderly community dwellers: individual differences in change scores as a function of age. *Psychology and Aging*, 14, 365-379.
- Hulata, G., Moav, R., Wohlfarth, G. 1974. The relationship of gonad and egg size to weight and age in the European and Chinese races of common carp, *Cyprinus carpio* L. *Journal of Fish Biology*, 6, 745-758. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1974.tb05116.x>.
- Jiang, C., Wang, W., Wang, M., Pauly, D. 2022. Length-weight relationships and other morphological traits of fishes in the mangrove of Hainan, China. *Fishes*, 7, p.238. <https://doi.org/10.3390/fishes7050238>.
- Keivany, Y., Dopeikar, H., Ghorbani, M., Kiani, F., Paykan-Heyrati, F. 2016. Length-weight and length-length relationships of three cyprinid fish from the Bibi-Sayyedeh River, western Iran. *Journal of Applied Ichthyology*, 32, 507-508. <https://doi.org/10.1111/jai.13006>.
- Kiabi, B., Abdoli, A., Naderi, M. 1999. Status of the fish fauna in the South Caspian Basin of Iran. *Zoology in the Middle East*, 18, 57-65.
- King, M. 1995. Fisheries biology. Assessment and management. Iowa, USA: Blackwell Science Ltd. p.341.
- Koed, A., Mejlhede, P., Balleby, K., Aarestrup, K. 2000. Annual movement and migration of adult pikeperch in a lowland river. *Journal of Fish Biology*, 57, 1266-1279. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2000.tb00486.x>.
- Ljubobratović, U., Péter, G., Sándor, Z., Kugyela, N., Rónyai, A. 2019. The effect of hormonal preparation (gonadotropins vs. gonadoliberins) on pre-seasonally obtained eggs and larvae quality in pikeperch (*Sander lucioperca* L.). *Aquaculture International*, 27, 1009-1024. <https://doi.org/10.1007/s10499-019-00368-4>.
- Mazheri, M.J., Sattari, M., Imanpouramin, J. 2018. Length-weight relationship and some biological parameters of *Alosa braschnikowi* (Borodin 1904) from coast of the Guilan Province. *Journals of Aquaculture Sciences*, 7, 18-9. (In Persian).
- Milla, PG., Penalver, R., Nieto, G. 2021. Health benefits of uses and applications of *Moringa oleifera* in bakery products.

- Plant (Basel), 6, p.318.
<https://doi.org/10.3390/plants10020318>.
- Mustać, B., Bavčević, L., Petani, B., Grgić, T., Franov, Š., Ušalj, Š., Marketin, M., Babin, B., Čolak, S. 2024. The Relationship between body condition and gonadosomatic index of the Bogue (*Boops Boops*) from the Middle Part of the Eastern Adriatic Sea. *Naše more*, 71, 91-97.
<https://doi.org/10.17818/NM/2024/3.1>.
- Nynca, J., Żarski, D., Bobe, J., Ciereszko, A. 2020. Domestication is associated with differential expression of pikeperch egg proteins involved in metabolism, immune response and protein folding. *Animals*, 14, 2336-235.
<https://doi.org/10.1017/S1751731120001184>.
- Nynca, J., Żarski, D., Fröhlich, T., Köster, M., Bobe, J., Ciereszko, A. 2022. Comparative proteomic analysis reveals the importance of the protective role of ovarian fluid over eggs during the reproduction of pikeperch. *Aquaculture*, 548, e737656. <https://doi.org/10.1017/S1751731120001184>.
- Rolles, B., Ferreira, M., Vieri, M., Rheinwalt, K.P., Sophia, M., Alizai, P.H., Neumann, U., Brümmendorf, T.H., Beier, F., Ulmer, T.F., Tometten, M. 2023. Telomere length dynamics measured by flow-Fish in patients with obesity undergoing bariatric surgery. *Scientific Reports*, 13, 304.
<https://doi.org/10.1038/s41598-022-27196-6>.
- Rónyai, A. 2007. Induced out-of-season and seasonal tank spawning and stripping of pike perch (*Sander lucioperca* L.). *Aquaculture Research*, 38, 1144-1151.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2007.01778.x>.
- Milla, S., Pasquet, P., Mohajer, L.E., Fontaine, P. 2020. How domestication alters fish phenotypes. *Reviews in Aquaculture*, 13, 388-405.
<https://doi.org/10.1111/raq.12480>.
- Schäfer, N., Kaya, Y., Rebl, H., Stüeken, M., Rebl, A., Nguinkal, J.A., Franz, J.P., Brunner, R.M., Goldammer, T., Grunow, B., Verleih, M. 2021. Insights into early ontogenesis: characterization of stress and development key genes of pikeperch (*Sander lucioperca*) in vivo and in vitro. *Fish Physiology and Biochemistry*, 47, 515-532.
<https://doi.org/10.1007/s10695-021-00929-6>.
- Shiguemoto, G.F., Dilberto, A., Pereira, N.L., Santos, S.C.A., Senhorini, J.A., Monzani, P.A., Yasui, G.S. 2020. Domestication strategies for the endangered catfish species *Pseudopimelodus mangurus* Valenciennes, 1835 (Siluriformes: Pseudopimelodidae). *Brazilian Journal of Biology*, 81, 301-308.
<https://doi.org/10.1590/1519-6984.224913>.
- Solberg, M.F., Skaala, Ø., Nilsen, F., Glover, K.A. 2013. Does domestication cause changes in growth reaction norms? A study of farmed, wild and hybrid Atlantic salmon families exposed to environmental stress. *PLoS One*, 8, e54469.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0054469>.
- Szkudlarek, M., Kujawa, R., Mamcarz, A., Bienkiewicz, M., Kestemont, P., Szczerbowski, A., Łuczyński, M.J., Krejszeff, W., Targońska, K., Kucharczyk, D. 2007. Checking maturation stage of females. In: Kucharczyk, D., Kestemont, P., Mamcarz, A., (Eds). *Artificial Reproduction of Pikeperch*. Polish Ministry of Science, Olsztyn, Poland, pp.23-32.
- Taylan, B., Uluturk, E. 2017. Determination of fecundity in the four-spot megrim *Lepidorhombus boscii* (Risso, 1810) (Pisces: Scophthalmidae) from the Aegean Sea. *Cahiers de Biologie Marine*, 58, 213-217.
<https://doi.org/10.21411/CBM.A.8B20E1EB>.

- Ugrin, N., Paladin, A., Krstulović Šifner, S. 2023. Fecundity, length at first sexual maturity and gonadal development of *Lepidorhombus boscii* in the eastern Adriatic Sea. *Biology*, 12, 131. <https://doi.org/10.3390/biology12010131>.
- Wang, N., Xu, X., Kestemont, P. 2009. Effect of temperature and feeding frequency on growth performances, feed efficiency and body composition of pikeperch juveniles (*Sander lucioperca*). *Aquaculture*, 289, 70-73. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.01.002>.
- Wootton, R.J. 1990. *Fish Ecology*. Thomson Litho Ltd., Scotland. p.203.
- Zhang, H., Wang, J., Jing, Y. 2024. *Larimichthys crocea* (large yellow croaker): A bibliometric study. *Heliyon*, 10, e37393. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e37393>.

نحوه استناد به مقاله:

فلاح‌تکار ب.، لواجو ف.، رحمتی م.، مکن‌خواه ب. مقایسه خصوصیات زیستی و تولیدمثلی ماهی سوف سفید (*Sander lucioperca*) صید شده از محیط طبیعی و نگهداری شده در شرایط کارگاهی. نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی دانشگاه گنبد کاووس. ۱۴۰۴. ۱۳(۱): ۴۰-۵۵.

Falahatkar B., Lovajoo F., Rahmati M., Maknetkhah B. Comparative Analysis of Biological and Reproductive Characteristics in wild-caught and Pond-Reared pikeperch (*Sander lucioperca*). *Journal of Applied Ichthyological Research*, University of Gonbad Kavous. 2025, 13(1): 40-55.



Comparative Analysis of Biological and Reproductive Characteristics in wild-caught and Pond-Reared pikeperch (*Sander lucioperca*)

Bahram Falahatkar^{✉1}, Fatemeh Lovajoo¹, Mehdi Rahmati², Bahman Maknetkhah^{1,2}

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

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

Type: Original Research Paper	Abstract The current study investigated some biological characteristics of wild-caught and pond-reared pikeperch (<i>Sander lucioperca</i>) from the Lake behind Aras Dam. The examined samples were 58 for wild fish and 33 for cultured fish. Total length, weight, age, gonad weight, condition factor, gonadosomatic index, hepatosomatic index, visceral index, and reproductive parameters in pikeperch were measured. The results showed that the mean total length (51.6 ± 5.4 cm), weight (1150.5 ± 442.1 g), and condition factor (0.8 ± 0.2) were higher in the pond-reared conditions compared to the wild group. The pikeperch examined in both wild and pond-reared conditions were in the age range of 2-4 years, with the 3-year-old age group having the highest percentage in both wild (53%) and pond-reared (71%) groups. The length-weight relationship in the wild conditions was determined as $W = 0.0047x^{3.1269}$, $R^2 = 0.7953$, and in the pond-reared conditions as $W = 0.0058x^{3.0794}$ with $R^2 = 0.6877$. Furthermore, the regression line slope or coefficient 'b' in both conditions was greater than 3, indicating a positive allometric growth pattern. Gonadosomatic, visceral, and hepatosomatic indices in both male and female pikeperch showed a significant difference between different ages ($p < 0.05$). The highest number of eggs/g in the wild was observed in the pond-reared conditions in the gonad weight range of 60-80 g, with 2183 eggs/g. The results also showed that the highest frequency of oocytes in the stage of III-IV (32%) was in the pond-reared conditions. Since the size and growth potential of pikeperch varies in different environmental conditions, the success of growth and reproduction of this fish in suitable conditions plays an important role in stock rehabilitation. The results revealed that wild pikeperch kept in pond-reared conditions have the potential for reproduction and fry production, making them suitable for this purpose.
Paper History: Received: 05-04-2025 Accepted: 21-07-2025	
Corresponding author: Falahatkar B. Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Someh Sara, Iran Email: falahatkar@guilan.ac.ir	

Keywords: Allometric growth, Pikeperch, Biological indices, Rearing condition.