فیزیولوژی و بیوتکنولوژی آبزیان
سال یازدهم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۲

مقاله پژوهشی

مقایسه شاخص‌های ریختی و تولیدمثلی جمعیت‌های مهاجر ماهی سفید (*Rutilus kutum*) فرم بهاره و پاییزه به تالاب انزلی

دانیال گروهی[۱]، سید حامد موسوی ثابت[۲]*

DOI: 10.22124/japb.2022.22921.1483

تاریخ دریافت: شهریور ۱۴۰۱ تاریخ پذیرش: دی ۱۴۰۱

چکیده

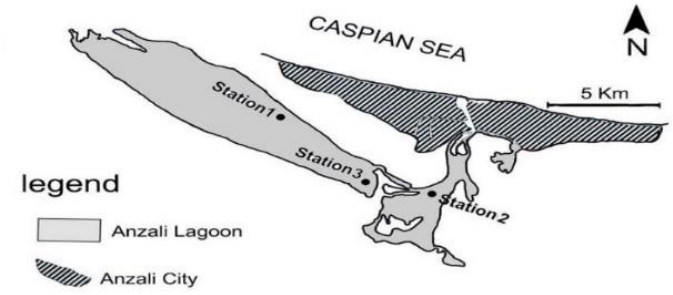
پژوهش حاضر با هدف مقایسه شاخص‌های ریختی و تولیدمثلی جمعیت‌های مهاجر ماهی سفید فرم بهاره و پاییزه به تالاب انزلی انجام شد. بدین منظور، ۱۲۰ ماهی سفید مهاجر بهاره و پاییزه از یک ایستگاه منتهی به تالاب انزلی صید شدند. نتایج به دست آمده از مقایسه صفات ریختی نشان داد این ویژگی‌ها در مولدین پاییزه به طور معنی‌داری بالاتر از مولدین بهاره بود. بر اساس نتایج تحلیل مولفه‌های اصلی، صفات طول کل، طول چنگالی، طول استاندارد و وزن بدن، در مجموع ۷۳/۳۳ درصد از تنوع صفات ریختی بین جمعیت‌های بهاره و پاییزه را بیان می‌کردند. مقایسه صفات تولیدمثلی بین دو فرم ماهی سفید مهاجر بهاره و پاییزه اختلاف معنی‌داری را در هم‌آوری مطلق بین جمعیت‌های بهاره و پاییزه نشان نداد ($P>0/05$). میانگین هم‌آوری نسبی، تعداد تخمک و حجم اسپرم مولدین فرم بهاره به طور معنی‌داری بالاتر از فرم پاییزه بود ($P<0/05$). درصد لقاح پس از ۲۴ و ۴۸ ساعت در فرم پاییزه به طور معنی‌داری بالاتر از فرم بهاره بود ($P<0/05$). بنابراین، مولدین فرم پاییزه از لحاظ خصوصیات ریختی و درصد لقاح و مولدین فرم بهاره از لحاظ هم‌آوری نسبی، تعداد تخمک و حجم اسپرم، بالاتر بودند.

واژگان کلیدی: *ماهی سفید، شاخص‌های ریختی، شاخص‌های تولیدمثلی، تالاب انزلی.*

۱- کارشناس ارشد علوم و مهندسی شیلات، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.
۲- دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.
* نویسنده مسئول: mousavi-sabet@guilan.ac.ir

مقدمه

تالاب بین‌المللی انزلی با مساحت تقریبی ۲۰ هزار هکتار در سواحل جنوبی دریای خزر در استان گیلان واقع شده است (Naderi et al., 2017). در شکل ۱ جایگاه تالاب انزلی در دریای خزر نشان داده شده است. این تالاب از مهم‌ترین و بزرگ‌ترین زیستگاه‌های طبیعی جانوران ایران است (حاجی‌آقایی قاضی‌محله و ایمانپور نمین، ۱۳۹۹). تالاب انزلی با ویژگی‌های منحصربه‌فرد خود در برقراری توازن اکولوژیکی جانوران و پرندگان دارای جایگاه استراتژیک است و به عنوان محل تکثیر و تولیدمثل طبیعی گروه‌های زیادی از ماهیان مختلف دریای خزر عمل می‌کند. همچنین به عنوان زیستگاه و مکان تخم‌ریزی و گذران دوران نوزادی ماهیان مهاجر دریای خزر، از نقش حمایتی ارزشمندی برخوردار است (Khanipour et al., 2020). یکی از مهم‌ترین آبزیان تالاب انزلی، ماهی سفید است (Abbasi et al., 2019). ماهی سفید با نام علمی *Rutilus kutum* متعلق به خانواده کپورماهیان است و با نام‌هایی چون Kutum در روسیه، Zujag در کشور آذربایجان و Akbalyk در ترکمنستان شناخته می‌شود (ربوطی و همکاران، ۱۴۰۰). ماهی سفید از زمان قدیم به دلیل ارزش اقتصادی بالا، جایگاه خاصی در میان ماهیان لذیذ گوشت در مناطق شمالی کشور داشته است (جباری و همکاران، ۱۴۰۰؛ نادری جلودار و همکاران، ۱۴۰۰). وجود ماهی سفید در تالاب انزلی، یکی از مهم‌ترین اهداف شیلاتی و ماهیگیری در این اکوسیستم است (احمدنژاد و همکاران، ۱۴۰۱). این گونه بیش از ۵۰ درصد از کل ماهیان استخوانی و بیش از ۶۰ درصد از درآمد ماهیگیران را تامین می‌کند (دریانبرد و همکاران، ۱۳۹۸).



شکل ۱: جایگاه تالاب انزلی در دریای خزر (Khanipour et al., 2020)

ماهی سفید یک ماهی رودکوچ (Anadromous) مهاجر است که برای تخم‌ریزی باید وارد آب شیرین شود و در رودخانه‌های مرتبط به دریای خزر در ماه‌های اسفند و فروردین تخم‌ریزی می‌کند (Sattari et al., 2019). این گونه یکی از مهم‌ترین ماهیان استخوانی صید شده در این تالاب انزلی بوده که دارای دو نژاد مهاجر پاییزه و بهاره است (Khanipour et al., 2020). بخش عمده‌ای از جمعیت ماهی سفید را نژاد مهاجر بهاره تشکیل می‌دهد. این ماهیان از نیمه اسفند ماه تا اواخر فروردین در قالب گله‌های مهاجر به رودخانه‌هایی با بستر سنگی مهاجرت می‌کنند و پس از چرخش دمایی بهاره و یکنواخت شدن تقریبی درجه حرارت آب در سطح و عمق دریای خزر، از نقاط عمیق‌تر دریا به سمت سواحل مهاجرت می‌کنند. معمولا در اواخر زمستان و اوایل بهار ماهیانی که به سن بلوغ نرسیده‌اند، برای تغذیه و رشد در مناطق ساحلی و کم‌عمق مانده و ماهیان بالغ وارد رودخانه‌ها می‌شوند. ماهی سفید مهاجر پاییزه در صورت مناسب بودن شرایط، معمولا در اوایل مهرماه از دریا با ورود به کانال منتهی به تالاب (کانال کشتیرانی) شروع به مهاجرت می‌کنند. در این مرحله ابتدا ماهیان نر و سپس ماده‌ها وارد می‌شوند. این گروه معمولا دوره زمستان‌گذرانی را در گستره آبی تالاب سپری می‌کنند. سپس با گرم‌تر شدن هوا در اواخر زمستان به رودخانه‌هایی که دارای پوشش گیاهی در حاشیه مثل نی و لوئی هستند مهاجرت کرده و بروی گیاهان آبزی تخم‌ریزی می‌کنند (امینیان فتیده و همکاران، ۱۳۹۵).

یکی از جنبه‌های مهم مطالعه یک گونه زیستی، شناسایی ویژگی‌های زیست‌شناختی آن است. شناسایی دقیق گونه‌های ماهی می‌تواند به مدیریت طولانی‌مدت شیلات کمک کند و مطالعات را در مورد جنبه‌های اکولوژیکی، اکوسیستمی و حفاظتی افزایش دهد (Sawalman and Madduppa, 2020). در این میان، به منظور مدیریت منطقی و کارآمد شیلاتی، شناسایی ویژگی‌های ریخت‌شناختی گونه‌های ماهی که مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند، اهمیت بسزایی دارد (Petrellis, 2021)، چرا که هر ذخیره باید به طور جداگانه‌ای مدیریت شود تا بهره‌برداری از آن گونه در حد بهینه‌ای صورت گیرد (Salini et al., 2004; Erguden and Turan, 2005). یکی دیگر از ویژگی‌های زیستی هر گونه جانوری به ویژه ماهیان، ویژگی‌های تولیدمثلی

است، چرا که اساس برنامه‌های مدیریت، حفاظت و پرورش ماهیان را برای مقاصد مختلف تشکیل می‌دهد. اما از آنجا که تفاوت‌های جغرافیایی، اکولوژیکی و آب و هوایی بر استراتژی تولیدمثل گونه‌ها تاثیر می‌گذارند، ممکن است بسیاری از اطلاعات به دست آمده از نمونه موجود در یک آشیان بوم‌شناختی (Ecological Niche) با اطلاعات نمونه موجود در آشیان دیگر مطابقت نداشته باشد. از این رو، مطالعه شاخص‌های تولیدمثلی در هر آشیان بوم‌شناختی حائز اهمیت است (صفایی‌پور و همکاران، ۱۴۰۰). علیزاده و همکاران (۱۳۹۴) در مطالعه تغییرات ویژگی‌های ریخت‌شناختی ماهی سفید در رودخانه‌های دوغ، سیاهرود و سفیدرود واقع در حوضه جنوبی دریای خزر نشان دادند که بر اساس میانگین صفات ریختی، دوشکلی جنسی در جمعیت‌های مورد مطالعه قابل مشاهده است. همچنین، مولفه‌های اصلی اول (عرض ساقه دمی، طول قاعده باله سینه‌ای و قطر چشم) و دوم (فاصله بین چشم‌ها، قطر مردمک چشم و طول قاعده باله مخرجی) ۷۷/۶۹ درصد از تغییرات واریانس کل را شامل می‌شدند. محسنی و قاسمی (۱۳۹۸) در مقایسه ویژگی‌های ریختی (مورفومتریک) و شمارشی (مریستیک) ماهی سفید بهاره دریای خزر گزارش کردند، با این که تنوع ریختی بالا بود، ولی به دلیل تاثیر محیط در ایجاد تنوع صفات، میانگین ضریب تغییرات ویژگی‌های شمارشی پایین بود. مولودی صالح و کیوانی (۱۳۹۸) در مقایسه ریخت‌سنجی هندسی ماهی سفید رودخانه‌ای در بخش غرب و جنوب غربی حوضه خزر نشان دادند که عمده تفاوت‌های شکل بدنی، مربوط به موقعیت دهان، ارتفاع بدن و موقعیت باله‌های سینه‌ای، مخرجی و پشتی است که در اثر سازگاری با زیستگاه ایجاد شده است. Forouhar Vajargah و همکاران (۲۰۲۰) وجود تفاوت معنی‌دار ویژگی‌های مورفومتریک ماهیان ساکن در بالادست و پایین‌دست سدها را گزارش کردند، به طوری که جمعیت پایین‌دست نسبت به جمعیت بالادست دارای فرم بدنی کشیده بودند. زکی چماچائی و وهاب‌زاده رودسری (۱۴۰۰) در مقایسه نرماتیوهای تکثیر مصنوعی ماهی سفید فرم بهاره و پاییزه نشان دادند که میانگین وزنی و طولی فرم پاییزه به طور معنی‌داری بالاتر از فرم بهاره ماهی سفید بود و هماوری مطلق و نسبی، تعداد تخمک در گرم و میانگین درصد تخم‌های لقاح یافته در ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از لقاح در مولدین بهاره بیشتر از پاییزه بود و مولدین فرم بهاره از لحاظ ویژگی‌های نرماتیو در تکثیر

مصنوعی از کیفیت بالاتری نسبت به فرم پاییزه برخوردار بودند. همچنین بر اساس تحلیل همبستگی، بین وزن و طول کل در مولدین ماده بهاره و پاییزه ارتباط مستقیمی مشاهده شد (زکی چماچائی و وهاب‌زاده رودسری، ۱۴۰۰).

همان طور که پیش‌تر گفته شد، از جمله عواملی که در زمینه اعمال مدیریت فنی بر ذخایر آبزیان کاربرد دارد، شناسایی شاخص های زیستی است. آگاهی از ویژگی‌های زیست شناختی ماهیان به عنوان اطلاعات پایه در تمامی فعالیت‌های پژوهشی، اجرایی و مدیریتی شیلات از اهمیت ویژه‌ایی برخوردار است. با توجه به اهمیت و جایگاه ماهی سفید در بین ماهیان دریای خزر بویژه در حاشیه جنوبی آن و به دلیل خلاء پژوهشی در زمینه مقایسه شاخص‌های ریختی و تولیدمثلی جمعیت‌های مهاجر ماهی سفید، این پژوهش با هدف مقایسه شاخص‌های ریختی و تولیدمثلی جمعیت‌های مهاجر ماهی سفید فرم بهاره و پاییزه به تالاب انزلی انجام شد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌گیری

به منظور انجام این پژوهش، ۱۲۰ قطعه ماهی سفید مهاجر بهاره و پاییزه (۶۰ ماهی از هر جمعیت) در طی سال‌های (۱۳۹۸ و ۱۳۹۹) در یک ایستگاه واقع در کانال کشتیرانی منتهی به تالاب انزلی (از پل غازیان تا دهانه موج شکن قدیم) با استفاده از تور نایلونی میکروفیلامنت (لاکش) صید و جمع‌آوری شد. برای اطمینان از مولد بودن تمام ماهیان مورد مطالعه، از تور نایلونی میکروفیلامنت با چشمه‌هایی به طول ۴ سانتی‌متر استفاده شد، که پس از رد شدن ماهیان پیش مولد و نابالغ از چشمه‌های تور، فقط ماهیان مولد باقی ماندند. صید ماهی سفید مهاجر بهاره از ۱۵ بهمن تا ۱۵ فروردین و ماهی سفید مهاجر پاییزه از ۱۵ مهر تا ۱۵ آذر انجام شد. نمونه‌های صید شده در محل به وسیله فرمالین ۱۰ درصد تثبیت شدند.

آماده‌سازی نمونه‌ها

بعد از انتقال ماهی‌ها به آزمایشگاه شیلات دانشگاه گیلان، ویژگی‌های ریخت‌شناسی و تولیدمثلی مورد بررسی قرار گرفتند. در این مطالعه، تعداد ۲۵ صفت اندازشی (ریختی) زیست‌سنجی شد. به منظور اندازه‌گیری وزن نمونه‌ها از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم استفاده شد و اندازه‌گیری صفات اندازشی با استفاده از ریزسنج عقربه‌ای با دقت ۰/۰۲ میلی‌متر انجام شد (Morgan, 1961). برای

حذف اثر اندازه، به دلیل متغیر بودن صفات اندازشی در طول رشد، مقادیر اندازه‌گیری شده به صورت نسبتی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند (Biswas, 1993). سپس همان ۱۲۰ ماهی، در مطالعه ویژگی‌های تولیدمثلی مورد استفاده قرار گرفتند. این بخش از مطالعات، برای ماهی سفید فرم بهاره در نیمه فروردین و برای ماهی سفید فرم پاییزه در نیمه اسفند و در مرکز تکثیر و حفظ ذخایر ژنتیکی ماهیان شهید انصاری انجام شد.

با توجه به رودکوچ بودن ماهی سفید، ماهیان پس از ورود به رودخانه صید شدند و همگی در یک مرحله جنسی قرار داشتند. در زمان صید، ماهیان فرم بهاره در مرحله V رسیدگی و ماهیان فرم پاییزه در مرحله IV رسیدگی جنسی قرار داشتند. بر این اساس، ماهیان سفید فرم پاییزه، برای زمستان‌گذرانی تا رسیدن به مرحله بلوغ جنسی و استحصال تخمک، در محیط اسارت و در استخرهای ۱۰۰۰ مترمکعبی به صورت تک‌جنسی نگهداری شدند.

جمع‌آوری داده از نمونه‌ها

به منظور تعیین ویژگی‌های تولیدمثلی، وزن تخمک، حجم اسپرم و هم‌آوری مطلق و نسبی قبل از لقاح در مراحل مختلف انکوباسیون اندازه-گیری شد. تخمک‌ها و اسپرم‌ها از طریق فشار دادن ناحیه شکمی با دست خارج و لقاح تخم‌ها به روش خشک و با نسبت ۱:۱ انجام شد. قبل از انتقال تخم به انکوباتورها، تعیین درصد لقاح انجام شد. هم‌آوری مطلق به طریق وزنی تعیین شد. برای برآورد هم‌آوری مطلق از سه نقطه قدامی، میانی و خلفی تخمدان نمونه‌برداری انجام و تعداد کل تخمک در هر نمونه تعیین شد. برای محاسبه مطلق (AF)، هم‌آوری نسبی (RF) و درصد لقاح (Fr) از رابطه‌های ۱ تا ۳ استفاده شد (Bagenal and Tesch, 1978).

رابطه ۱:

$$AF = (N_{Oo} \times W_{Ov}) / W_T$$

N_{Oo}: میانگین تعداد تخمک در هر گرم در سه نمونه لقاح؛ W_{Ov}: میانگین وزن خشک تخمدان (گرم)؛ W_T: میانگین وزن سه نمونه ماهی (گرم).

رابطه ۲:

$$RF\ (kg^{-1}) = AF / W_T$$

AF: هم‌آوری مطلق؛ W_T: وزن بدن ماهی (کیلوگرم).

رابطه ۳:

$$Fr\ (\%) = (NE_F / NE_T) \times 100$$

NE_F: تعداد تخم‌های لقاح یافته؛ NE_T: تعداد کل تخم‌ها.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های به دست آمده از این پژوهش با استفاده از روش‌های توصیفی و استنباطی تجزیه و تحلیل شدند. ابتدا میانگین، انحراف معیار، حداقل، حداکثر کلیه صفات ریختی و تولیدمثلی به تفکیک جمعیت محاسبه شد. سپس با استفاده از آزمون T-test، صفات ریختی و تولیدمثلی دو جمعیت ماهیان بهاره و پاییزه مقایسه شدند. برای نشان دادن تمایز و تفکیک جمعیت‌ها و تعیین صفات مناسب برای جداسازی جمعیت‌ها از روش تحلیل مولفه‌های اصلی استفاده شد. رابطه رگرسیونی وزن کل با شاخص‌های تولیدمثلی نیز تعیین شد. تمامی تجزیه و تحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای PAST و SPSS Ver.16 صورت گرفت.

نتایج

نتایج مقایسه صفات ریختی

مطابق جدول ۱، صفات ریختی در دو فرم بهاره و پاییزه ماهی سفید با هم تفاوت داشتند. ماهیان پاییزه در صفات ریختی طول کل، طول استاندارد، طول چنگالی، وزن، طول پوزه، طول سر، ارتفاع سر، ارتفاع باله سینه‌ای، درازای قاعده باله پشتی، درازای قاعده باله مخرجی، فاصله نوک پوزه تا ابتدای باله سینه‌ای (Anti-ventral)، فاصله نوک پوزه تا ابتدای باله پشتی (Anti-dorsal)، فاصله نوک پوزه تا ابتدای باله مخرجی (Anti-anal)، ابتدای قاعده باله سینه‌ای تا ابتدای قاعده باله شکمی، ابتدای قاعده باله سینه‌ای تا ابتدای قاعده باله مخرجی، انتهای باله پشتی تا انتهای ساقه دمی و دور سینه میانگین بالاتری از ماهیان بهاره داشته و در صفات ریختی عرض سر، بیشترین ارتفاع بدن، کمترین ارتفاع بدن، پهنای باله سینه‌ای، ارتفاع باله پشتی، ارتفاع باله مخرجی، قطر چشم و تعداد فلس در خط جانبی میانگین کمتری از ماهیان بهاره داشتند. همچنین تفاوت چشمگیری بین مولدین نر و ماده هر دو جمعیت بهاره و پاییزه از لحاظ صفات مختلف وجود داشت. تمامی صفت‌های اندازه‌گیری شده در مولدین جنس ماده جمعیت بهاره، به جز ویژگی قطر چشم، از مولدین نر بیشتر بود. در جمعیت ماهیان پاییزه، نیز دو جنس نر و ماده از لحاظ صفات طول چنگالی، طول پوزه، طول سر، حداکثر ارتفاع بدن، ارتفاع باله سینه‌ای، پهنای باله سینه‌ای، ارتفاع باله پشتی، ارتفاع باله مخرجی، ابتدای قاعده باله سینه‌ای تا ابتدای قاعده باله مخرجی، انتهای باله پشتی تا انتهای

ساقه دمی، دور سینه و قطر چشم با هم تفاوت داشتند.

جدول ۱: نتایج آزمون مقایسه‌ای ویژگی‌های ریخت‌سنجی استاندارد شده دو فرم بهاره و پاییزه (میانگین ± انحراف معیار)

ردیف	شاخص	ماده		نر		کل		آماره t
		پاییزه	بهاره	پاییزه	بهاره	پاییزه	بهاره	
۱	طول کل (cm)	۴۹/۸۸± ۶/۱۱	۴۸/۳۱± ۶/۴	۴۹/۰۰± ۷/۰۴	۴۱/۵۵± ۴/۳۷	۴۸/۵۹± ۷/۲۵	۴۴/۹۶± ۴/۲۴	۳۴/۲۲***
۲	طول استاندارد (cm)	۴۶/۴۰± ۳/۵۲	۴۴/۲۱± ۳/۶۴	۴۵/۵۸± ۴/۰۳	۳۷/۳۶± ۳/۲۲	۴۶/۰۵± ۳/۷۱	۴۰/۸۵± ۳/۵	۵۳/۶۲***
۳	طول چنگالی (cm)	۴۴/۴۵± ۳/۸۹	۴۱/۸۵± ۳/۶۹	±۴۲/۵۵ ۳/۷۴	۳۵/۳۵± ۳/۱۹	۴۳/۵۰± ۳/۵۸	۳۸/۶۲± ۳/۷۲	۵۳/۰۷***
۴	وزن (g)	۸۳۳/۰۰± ۲۹۸/۹۳	۱۱۰۶/۳۳± ۳۴۶/۳۵	۸۷۱/۱۰± ۳۱۵/۲۴	۵۸۷/۵۰± ۲۴۳/۴۹	۸۶۳/۶۶± ۳۴۸/۶۰	۸۵۰/۹۳± ۳۰۱/۶۲	۱۲/۵۹**
۵	طول پوزه (cm)	۲/۷۸± ۰/۱۹	۲/۷۹± ۰/۳۱	۳/۳۸± ۰/۴۳	۲/۴۶± ۰/۲۴	۲/۵۳± ۰/۲ ۳	۲/۶۳± ۰/۲۸	۳۱/۲۷***
۶	طول سر (cm)	۷/۷۸± ۰/۹۵	۶/۴۵± ۰/۷۹	۸/۲۳± ۰/۹۶	۶/۰۰± ۰/۶۲	۸/۰۵± ۰/۸۱	۶/۲۳± ۰/۵۴	۲۵۶/۲۶***
۷	ارتفاع سر (cm)	۶/۳۴± ۰/۷۷	۶/۴۵± ۰/۵۸	۶/۱۱± ۰/۷۲	۵/۷۴± ۰/۴۹	۶/۲۲± ۰/۸۳	۶/۰۸± ۰/۶۱	۰/۷۶
۸	عرض سر (cm)	۴/۶۴± ۰/۵۹	۵/۸۴± ۰/۷۳	۴/۵۰± ۰/۵۴	۴/۴۱± ۱/۷۵	۴/۵۷± ۰/۶۲	۵/۱۲± **۱/۲۶**	۴/۳۷*
۹	بیشترین ارتفاع بدن (cm)	۹/۲۳± ۰/۹۶	۱۱/۷۲± ۱/۱۵	۸/۲۹± ۰/۷۶	۸/۱۸± ۱/۳۴	۸/۷۶± ۰/۸۹	۹/۹۵± ۱/۹۶	۱۷/۹۲***
۱۰	کمترین ارتفاع بدن (cm)	۳/۱۹± ۰/۲۵	۳/۵۵± ۰/۲۹	۳/۱۵± ۰/۲۴	۲/۸۸± ۰/۳۱	۳/۱۷± ۰/۲۷	۳/۲۱± ۰/۴۷	۰/۲۲
۱۱	ارتفاع باله سینه‌ای (cm)	۵/۹۳± ۰/۸۸	۶/۵۰± ۰/۸۴	۷/۲۴± ۰/۹۴	۵/۷۸± ۰/۴۹	۶/۵۸± ۰/۹۲	۶/۱۴± ۰/۶۲	۹/۴۴**
۱۲	پهنای باله سینه‌ای (cm)	۳/۱۱± ۰/۵۹	۴/۳۳± ۰/۶۳	۲/۵۲± ۰/۴۸	۳/۴۱± ۰/۶۶	۲/۸۲± ۰/۴۵	۳/۸۵± ۰/۶۷	۱۲۷/۹۸***
۱۳	ارتفاع باله پشتی (cm)	۴/۴۸± ۰/۳۹	۶/۷۱± ۰/۵۶	۶/۲۰± ۰/۸۷	۶/۰۰± ۰/۸۳	۵/۳۴± ۰/۷۷	۶/۳۹± ۰/۶۷	۴۵/۲۲***
۱۴	درازای قاعده باله پشتی (cm)	۵/۳۲± ۰/۵۳	۵/۹۲± ۰/۸۴	۵/۱۷± ۰/۹۶	۴/۴۸± ۰/۶۱	۵/۲۵± ۰/۴۵	۵/۲۳± ۰/۹۱	۰/۲۷
۱۵	ارتفاع باله مخرجی (cm)	۳/۵۱± ۰/۵۴	۵/۱۸± ۰/۴۹	۳/۹۵± ۰/۶۳	۴/۸۲± ۰/۷۸	۳/۷۳± ۰/۵۹	۵/۱۸± ۰/۷۱	۱۱۲/۸۵***
۱۶	درازای قاعده باله مخرجی (cm)	۵/۲۳± ۰/۸۶	۴/۴۸± ۰/۶۱	۴/۸۵± ۰/۷۲	۳/۲۵± ۰/۵۶	۴/۹۷± ۰/۷۵	۳/۸۷± ۰/۹۹	۴۶/۴۰***

۱۷	فاصله نوک پوزه تا ابتدای باله سینه‌ای (cm)	۹/۷۲± ۱/۰۷	۸/۹۵± ۰/۸۵	۹/۴۳± ۰/۹۳	۸/۱۶± ۲/۷۲	۹/۲۴± ۰/۹۲	۸/۵۶± ۰/۶۹	۱۹/۳۷***
۱۸	فاصله نوک پوزه تا ابتدای باله پشتی (cm)	۲۲/۶۴± ۱/۱۶	۲۱/۴۱± ۱/۰۶	۲۲/۱۵± ۱/۲۶	۱۸/۲۴± ۰/۹۸	۲۲/۳۹± ۱/۴۴	۱۹/۸۲± ۱/۹۶	۶۷/۰۳***
۱۹	فاصله نوک پوزه تا ابتدای باله مخرجی (cm)	۳۱/۱۳± ۴/۴۴	۳۱/۵۶± ۴/۲۸	۳۲/۱۱± ۳/۳۶	۲۶/۰۰± ۳/۱۱	۳۱/۵۷± ۴/۵۰	۲۸/۸۲± ۳/۳۲	۱۴/۵۳***
۲۰	ابتدای قاعده باله سینه‌ای تا ابتدای قاعده باله شکمی (cm)	۱۲/۸۱± ۱/۶۳	۱۱/۵۸± ۱/۵۲	۱۳/۵۲± ۱/۷۸	۹/۱۷± ۱/۱۹	۱۲/۹۱± ۱/۲۳	۱۰/۲۹± ۱/۴۵	۴/۸۴*
۲۱	ابتدای قاعده باله سینه‌ای تا ابتدای قاعده باله مخرجی (cm)	۱۱/۲۹± ۲/۷۵	۱۱/۷۱± ۱/۸۱	۱۰/۵۶± ۱/۳۷	۸/۲۱± ۱/۴۲	۱۰/۹۲± ۱/۲۲	۹/۹۶± ۳/۱۱	۸/۳۵***
۲۲	انتهای باله پشتی تا انتهای ساقه دمی (cm)	۲۲/۲۷± ۱/۸۳	۲۲/۱۳± ۲/۶۳	۲۸/۱۸± ۲/۵۹	۱۹/۴۳± ۲/۰۵	۲۵/۱۸± ۳/۷۸	۲۰/۵۶± ۱/۹۳	۷۰/۸۳***
۲۳	دور سینه (cm)	۲۴/۵۱± ۴/۵۶	۲۱/۸۸± ۳/۷۳	۲۲/۳۸± ۳/۸۶	۱۶/۶۰± ۲/۴۳	۲۳/۴۴± ۴/۴۵	۱۹/۲۴± ۲/۹۷	۳۷/۰۰***
۲۴	قطر چشم (cm)	۱/۴۱± ۰/۱۴	۱/۳۹± ۰/۱۷	۱/۱۹± ۰/۲۱	۱/۳۱± ۰/۱۵	۱/۳۳± ۰/۱۶	۱/۳۹± ۰/۱۲	۳/۴۷*
۲۵	تعداد فلس در خط جانبی (عدد)	۵۳/۴۳± ۲/۴۲	۵۴/۴۶± ۲/۸۳	۵۴/۸۶± ۲/۷۵	۵۵/۷۳± ۲۵۲	۵۴/۱۵± ۲/۲۳	۵۵/۱۹± ۲/۹۴	۴/۰۵***

علامت «*» نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین مولدین بهاره و پاییزه است (*: P<۰/۰؛ **: P<۰/۰۱؛ ***: P<۰/۰۰۱)

مقایسه ویژگی‌های ریخت‌شناسی در دو جمعیت بهاره و پاییزه نشان داد که ۲۲ مورد از ۲۵ ویژگی اندازه‌گیری شده در بین دو جمعیت، دارای اختلاف معنی‌داری بود (جدول ۱). طبق اطلاعات این جدول، در همه صفات اندازشی غیر از صفت ارتفاع سر، کمترین ارتفاع بدن و درازای قاعده باله پشتی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($P<0.05$). بر اساس نتایج، صفات ریختی طول کل، طول استاندارد، طول چنگالی، وزن، طول سر، ارتفاع باله سینه‌ای، درازای قاعده باله مخرجی، فاصله نوک پوزه تا ابتدای باله سینه‌ای، فاصله نوک پوزه تا ابتدای باله پشتی، فاصله نوک پوزه تا ابتدای باله مخرجی، ابتدای قاعده باله سینه‌ای تا ابتدای قاعده باله شکمی، ابتدای قاعده باله سینه‌ای تا ابتدای قاعده باله مخرجی، انتهای باله پشتی تا انتهای ساقه دمی و دور سینه در مولدین پاییزه در مقایسه با مولدین بهاره دارای اختلاف معنی‌داری بودند.

با استفاده از روش تحلیل مولفه‌های اصلی، ۲۵ صفت ریختی استاندارد شده مورد بررسی

قرار گرفت. از میان ۲۵ عامل ایجاد شده، ۴ عامل اول که مقادیر ویژه بیشتر از ۱ داشتند، انتخاب شدند، که در مجموع تقریبا ۷۳/۳۳ درصد از تنوع صفات ریختی بین جمعیت‌های بهاره و پاییزه ماهی سفید را بیان می‌کردند. طبق جدول ۲ صفات طول کل، طول چنگالی، طول استاندارد و وزن بدن دارای بیشترین مقادیر ویژه و در نتیجه بیشترین تاثیر در تمایز فرم بهاره و پاییزه از هم بودند. طول کل با بیشترین مقدار ویژه، ۴۱/۰۲۲ درصد از کل تغییرات صفات بین جمعیت‌ها را بیان می‌کرد. طول چنگالی ۱۶/۴۶ درصد از تنوع بین جمعیت‌ها را سبب شده بود. طول استاندارد با واریانس ۸/۷۷ و وزن بدن با واریانس ۷/۰۷ به عنوان عامل سوم و چهارم تمایز جمعیت‌های بهاره و پاییزه شناسایی شدند.

شکل ۲ تصویر گرافیکی مقدار ویژه هر یک از عوامل استخراج شده را نشان می‌دهد. همان طور که مشاهده می‌شود، مقدار واریانس توجیه شده (مقدار ویژه) با استخراج عامل‌های بعد از عامل دوم به سرعت افت می‌کند. مقادیر ویژه عامل‌های اول تا چهارم بیشتر از یک بوده است. نتایج نمودار سنگریزه‌ای (شکل ۲) موید تحلیل واریانس عاملی است.

نتایج مقایسه صفات تولیدمثلی

به منظور شناخت ویژگی‌های تولیدمثلی، هم‌آوری ۶۰ ماهی سفید فرم بهاره و ۶۰ ماهی سفید فرم پاییزه مورد بررسی قرار گرفت. اگرچه میانگین هم‌آوری مطلق فرم بهاره بالاتر از پاییزه بود، ولی اختلاف معنی‌داری در هم‌آوری مطلق بین جمعیت‌های بهاره و پاییزه، مشاهده نشد ($P>0/05$). از لحاظ هم‌آوری نسبی، بین جمعیت‌های ماهی سفید فرم بهاره و پاییزه، اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($P<0/05$) و میانگین هم‌آوری نسبی در ماهیان فرم بهاره از فرم پاییزه بیشتر بود.

مقایسه میانگین تعداد تخمک در گرم مولدین نشان داد بین جمعیت‌های ماهی سفید فرم بهاره و پاییزه، اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P<0/05$) و میانگین تعداد تخمک در گرم، در ماهیان فرم بهاره از فرم پاییزه بیشتر بود. همچنین مقایسه میانگین حجم اسپرم به دست آمده از مولدین نر نشان داد بین جمعیت‌های ماهی سفید فرم بهاره و پاییزه، اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P<0/05$) و میانگین حجم اسپرم به دست آمده از مولدین نر، در ماهیان فرم بهاره از فرم پاییزه بیشتر بود.

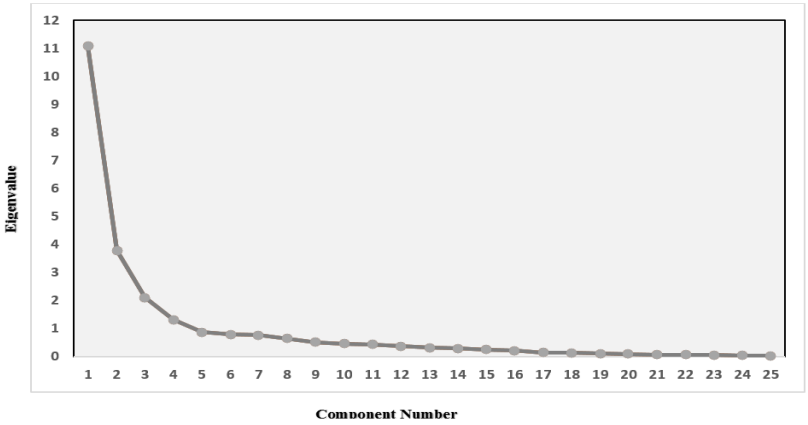
میانگین درصد لقاح تخم‌ها در ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از لقاح در ماهی سفید فرم پاییزه به طور معنی‌داری بالاتر از فرم بهاره بودند

(P<۰/۰۵). همچنین میانگین درصد لقاح در ۲۴ ساعت پس از لقاح در هر دو فرم بهاره و پاییزه بیشتر از ۴۸ ساعت مشاهده شد. در جدول ۳ مقایسه صفات تولیدمثلی ماهی سفید فرم پاییزه و بهاره آورده شده است.

جدول ۲: مقادیر ویژه و درصد واریانس صفات ریخت‌سنجی به تفکیک عوامل برای جمعیت‌های ماهی سفید در بندر انزلی

عامل	مقادیر ویژه اولیه			مقادیر ویژه عوامل			مقادیر ویژه با چرخش		
	کل	درصد واریانس	تجمع درصدی	کل	درصد واریانس	تجمع درصدی	کل	درصد واریانس	تجمع درصدی
طول کل (cm)	۱۱/۰۸	۴۴/۳۴	۴۴/۳۴	۱۱/۰۸	۴۴/۳۴	۴۴/۳۴	۱۰/۵۶	۴۱/۰۲	۴۱/۰۲
طول استاندارد (cm)	۳/۸۰	۱۵/۲۲	۵۹/۵۶	۳/۸۰	۱۵/۲۲	۵۹/۵۶	۴/۱۱	۱۶/۴۶	۵۷/۴۸
طول چنگالی (cm)	۲/۱۲	۸/۴۹	۶۸/۰۰	۲/۱۲	۸/۴۹	۶۸/۰۰	۲/۱۹	۸/۷۷	۶۶/۲۵
وزن (g)	۱/۳۲	۵/۲۸	۷۳/۳۳	۱/۳۲	۵/۲۸	۷۳/۳۳	۱/۷۶	۷/۰۷	۷۳/۳۳
طول پوزه (cm)	۰/۸۸	۳/۵۴	۷۶/۸۸	-	-	-	-	-	-
طول سر (cm)	۰/۷۹	۳/۱۸	۸۰/۰۷	-	-	-	-	-	-
ارتفاع سر (cm)	۰/۷۵	۳/۰۳	۸۳/۱۰	-	-	-	-	-	-
عرض سر (cm)	۰/۶۴	۲/۵۶	۸۵/۶۷	-	-	-	-	-	-
حداکثر ارتفاع بدن (cm)	۰/۵۰	۲/۰۳	۸۷/۷۰	-	-	-	-	-	-
حداقل ارتفاع بدن (cm)	۰/۴۶	۱/۸۶	۸۹/۵۷	-	-	-	-	-	-
ارتفاع باله سینه‌ای (cm)	۰/۴۲	۱/۷۰	۹۱/۲۷	-	-	-	-	-	-
پهنای باله سینه‌ای (cm)	۰/۳۷	۱/۴۹	۹۲/۷۶	-	-	-	-	-	-
ارتفاع باله پشتی (cm)	۰/۳۱	۱/۲۶	۹۴/۰۳	-	-	-	-	-	-
درازای قاعده باله پشتی (cm)	۰/۲۹	۱/۱۷	۹۵/۲۰	-	-	-	-	-	-
ارتفاع باله مخرجی (cm)	۰/۲۵	۱/۰۲	۹۶/۲۳	-	-	-	-	-	-
درازای قاعده باله مخرجی (cm)	۰/۲۱	۰/۸۴	۹۷/۰۷	-	-	-	-	-	-
فاصله نوک پوزه تا ابتدای باله سینه‌ای (cm)	۰/۱۵	۰/۶۰	۹۷/۶۸	-	-	-	-	-	-
فاصله نوک پوزه تا ابتدای باله پشتی (cm)	۰/۱۳	۰/۵۳	۲۱/۹۸	-	-	-	-	-	-
فاصله نوک پوزه تا ابتدای باله مخرجی (cm)	۰/۱۰	۰/۴۱	۹۷/۶۳	-	-	-	-	-	-

ابتدای قاعده باله سینه‌ای تا ابتدای قاعده باله شکمی (cm)	۰/۰۹	۰/۳۷	۹۹	-	-	-	-	-	-	-
ابتدای قاعده باله سینه‌ای تا ابتدای قاعده باله مخرجی (cm)	۰/۰۶	۰/۲۷	۹۹/۲۸	-	-	-	-	-	-	-
انتهای باله پشتی تا انتهای ساقه دمی (cm)	۰/۰۶	۰/۲۴	۹۹/۵۲	-	-	-	-	-	-	-
دور سینه (cm)	۰/۰۵	۰/۲۱	۹۹/۷۳	-	-	-	-	-	-	-
قطر چشم (cm)	۰/۰۴	۰/۱۷	۹۹/۹	-	-	-	-	-	-	-
تعداد فلس در خط جانبی	۰/۰۲	۰/۰۹	۱/۰۰	-	-	-	-	-	-	-



شکل ۲: تصویر سنگریزه‌ای استخراج شده از آزمون تحلیل مولفه‌های اصلی برای صفات ریختی ماهی سفید

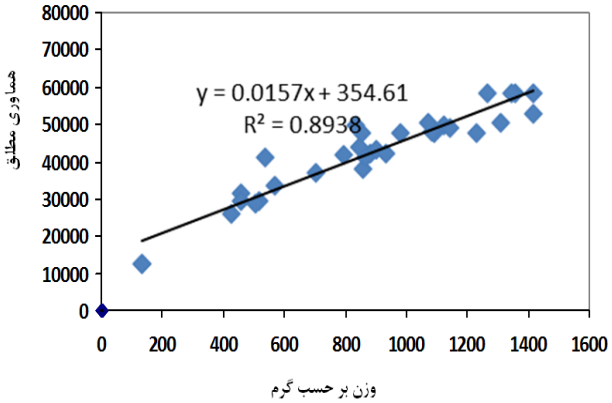
جدول ۳: مقایسه صفات تولیدمثلی فرم پاییزه و بهاره ماهی سفید

صفات تولیدمثلی	میانگین و انحراف معیار		کمترین و بیشترین	
	پاییزه	بهاره	پاییزه	بهاره
هم‌آوری مطلق (تعداد تخم)	۱۴۶۰۷/۹۹ ^{a}۴۳۵۵۸±/۹۷	۱۲۱۶۵/۵۶ ^{a}۴۷۵۷۶±/۹۳	۲۰۰۹۰-۷۱۴۲۴	۱۹۶۵۶-۶۷۳۹۲
هم‌آوری نسبی (تعداد تخم)	۶۷۲/۵۴ ^{a}۳۸۶۳±/۴۵	۴۷۹/۰۸^{b} ۴۲۴۶±/۱۱	۲۸۴۰-۵۲۴۰	۳۲۱۳-۵۱۸۴
تعداد تخمک در گرم مولدین (عدد)	۸/۲۶ ^{a}۲۷۴±/۸۶	۱۰/۸۲ ^{b}۲۹۲±/۳۴	۲۵۸-۲۸۸	۳۱۰ -۲۹۲
حجم اسپرم به دست آمده (mL)	۱/۹۱ ^{a}۷±/۵۷	۲/۰۳ ^{b}۱۲±/۶۶	۲-۹/۵	۸-۱۴

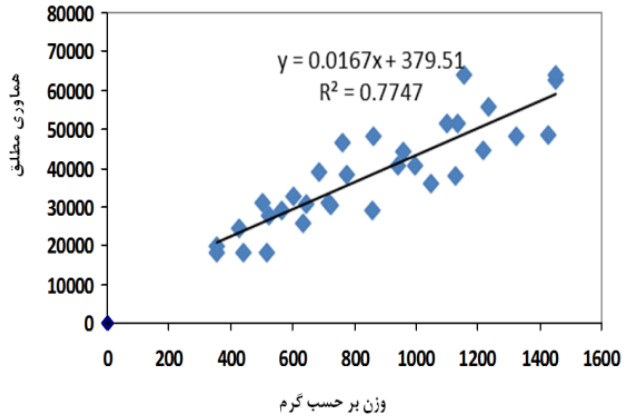
درصد لقاح پس از ۲۴ ساعت	۲/۰۶ ^{a}۹۶±/۹۳	۱/۸۲ ^{b}۸۷±/۰۹	۹۰-۱۰۰	۷۸-۹۰
درصد لقاح پس از ۴۸ ساعت	۱/۸۸ ^{a}۸۸±/۷۶	۲/۵۳ ^{b}۷۷±/۳۲	۸۲-۹۸	۷۴-۸۹

حروف لاتین غیرمشترک در هر ردیف، نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است (P<۰/۰۵)

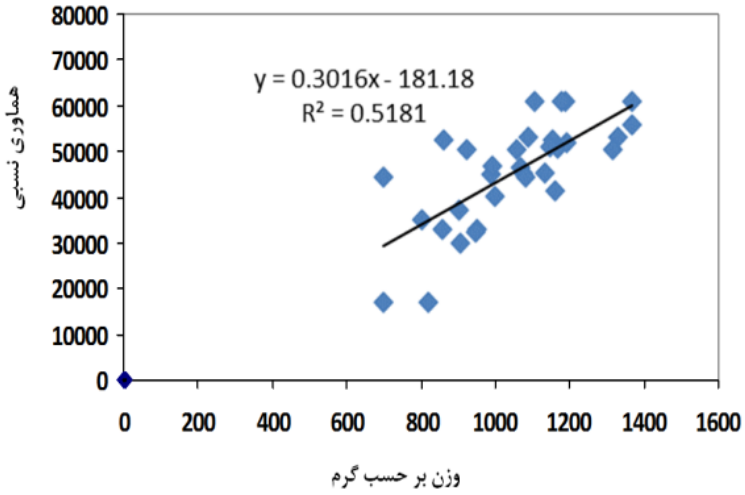
به منظور تعیین رابطه وزن ماهی با صفات تولیدمثلی، از تحلیل رگرسیون استفاده شد. نتایج تحلیل رگرسیون وزن با صفات تولیدمثلی (شکل‌های ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹ و ۱۰) نشان داد که ارتباط مستقیمی بین وزن با هم‌آوری مطلق مولدین بهاره و پاییزه، حجم اسپرم مولدین نر بهاره و پاییزه و هم‌آوری نسبی مولدین بهاره وجود دارد و با افزایش وزن، این صفات تغییر می‌کنند. اما بین وزن با هم‌آوری نسبی مولدین پاییزه و تعداد تخمک در واحد گرم مولدین بهاره و پاییزه ارتباط معنی‌داری مشاهده نشد.



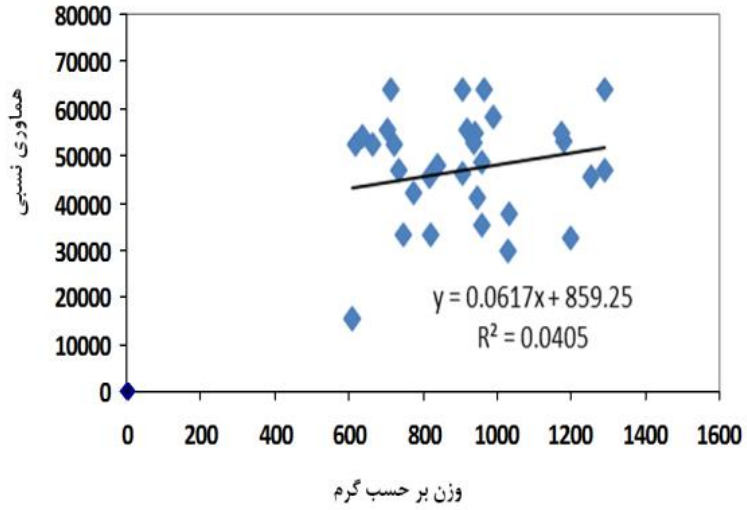
شکل ۳: رابطه رگرسیونی وزن و هم‌آوری مطلق مولدین بهاره ماهی سفید



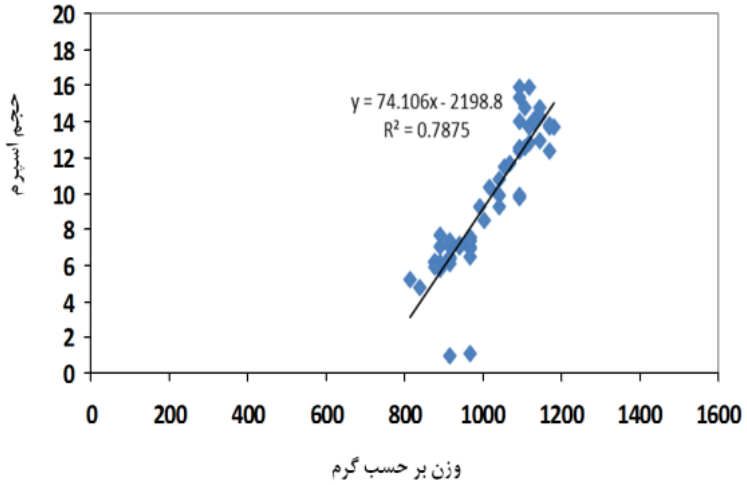
شکل ۴: رابطه رگرسیونی وزن و هم‌آوری مطلق مولدین پاییزه ماهی سفید



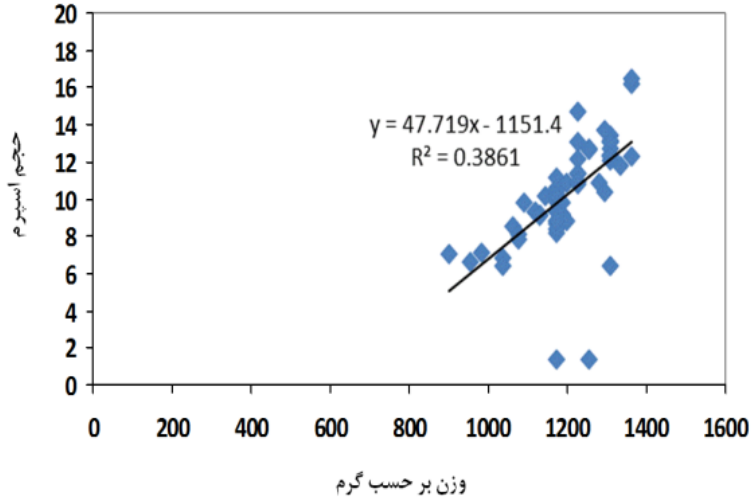
شکل ۵: رابطه رگرسیونی وزن و هم‌آوری نسبی مولدین بهاره ماهی سفید



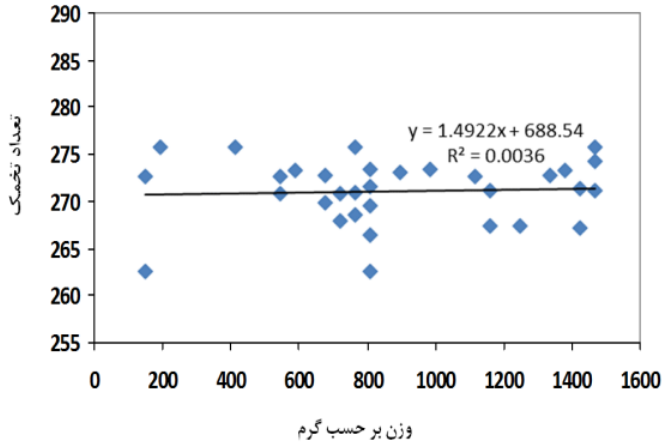
شکل ۶: رابطه رگرسیونی وزن و هم‌آوری نسبی مولدین پاییزه ماهی سفید



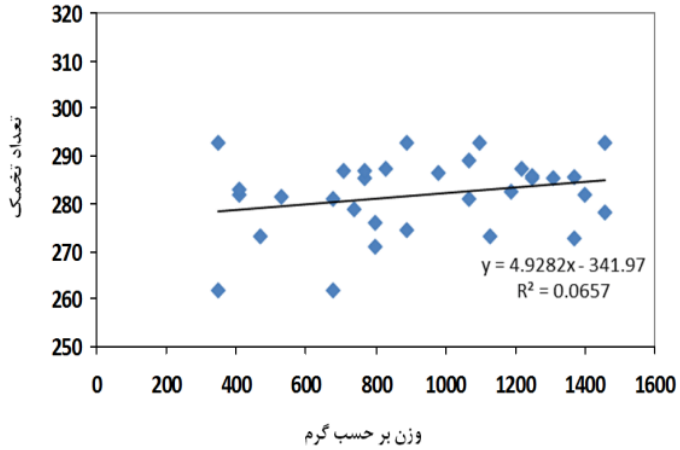
شکل ۷: رابطه رگرسیونی وزن و حجم اسپرم مولدین بهاره ماهی سفید



شکل ۸: رابطه رگرسیونی وزن و حجم اسپرم مولدین پاییزه ماهی سفید



شکل ۹: رابطه رگرسیونی وزن و تعداد تخمک در مولدین بهاره ماهی سفید



شکل ۱۰: رابطه رگرسیونی وزن و تعداد تخمک در مولدین پاییزه ماهی سفید

بحث

نتایج به دست آمده از مقایسه صفات ریختی نشان داد که ۲۲ مورد از ۲۵ ویژگی ریخت‌شناسی بین نمونه‌ها، دارای تفاوت معنی‌دار بود و این ویژگی‌ها در مولدین پاییزه به طور معنی‌داری بالاتر از مولدین بهاره بود. زکی چماچائی و وهاب‌زاده رودسری (۱۴۰۰) نیز در مطالعه خود نشان دادند میانگین وزنی و طولی فرم پاییزه به طور معنی‌داری بالاتر از فرم بهاره ماهی سفید بود. در مطالعه محسنی و قاسمی (۱۳۹۸)، تمامی صفات اندازشی مورد بررسی در ماهیان سفید سواحل مختلف، تفاوت معنی‌داری با هم داشتند. Forouhar Vajargah و همکاران (۲۰۲۰) علت اصلی اختلافات ریختی بین مولدین ماهی سفید فرم بهاره و پاییزه را به دلیل شرایط زیستی، در دسترس بودن غذا، عوامل زمانی، فصلی، نمونه‌گیری و همچنین بر اساس سلامت ماهی و جنسیت دانستند. محسنی و قاسمی (۱۳۹۸) و مولودی صالح و کیوانی (۱۳۹۸) نشان دادند که عمده تفاوت‌های شکل بدنی، در اثر سازگاری با زیستگاه ایجاد شده است. با توجه به این که یکی از مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر توسعه و رشد ماهیان، ویژگی‌های محیط زیست آنها است (ولی‌پور و خانی‌پور، ۱۳۹۴)، تفاوت‌های فاحش دو محیط آب رودخانه و دریا، تغییر ویژگی‌های ریختی را که در نتیجه سازش با محیط ایجاد می‌شود، به دنبال دارد.

در تجزیه و تحلیل جمعیت‌های مولدین بهاره و پاییزه با روش تحلیل مولفه‌های اصلی با

استفاده از ویژگی‌های ریختی، صفات طول کل، طول چنگالی، طول استاندارد و وزن بدن دارای بیشترین مقادیر ویژه بودند و در مجموع تقریبا ۷۳/۳۳ درصد از تنوع صفات ریختی بین جمعیت‌های بهاره و پاییزه ماهی سفید را بیان می‌کردند. از این رو، به نظر می‌رسد صفات اندازشی در مقایسه گونه‌های مطالعه حاضر از کارایی لازم برای تمایز گونه‌ها برخوردار باشند. با وجود کارایی صفات خاص در تمایز برخی گونه‌ها، با توجه به تغییرپذیری ویژگی‌های ریختی بهتر است به منظور شناسایی دقیق، مجموعه‌ای از صفات مد نظر قرار داشته باشد. در مطالعه علیزاده و همکاران (۱۳۹۴)، صفات عرض ساقه دمی، طول قاعده باله سینه‌ای و قطرچشم به عنوان مولفه اول و صفات فاصله بین چشم‌ها، قطر مردمک چشم و طول قاعده باله مخرجی به عنوان مولفه دوم شناسایی شدند.

بر اساس نتایج این مطالعه، تفاوت چشمگیری بین مولدین نر و ماده هر دو جمعیت بهاره و پاییزه از لحاظ عوامل مختلف وجود داشت. علیزاده و همکاران (۱۳۹۴) در مطالعه خود، اختلاف میانگین صفات ریختی را در مولدین نر و ماده تایید کردند. در تبیین این یافته باید گفت ماهیان نر در سه سال اول زندگی خود به سرعت رشد می‌کنند. اما پس از این مدت سرعت رشد آهسته‌تری نسبت به ماهیان ماده دارند. این عوامل ممکن است تحت تاثیر تغییرات فیزیولوژیکی، دما، رژیم غذایی، چرخه‌های تولیدمثلی و تفاوت در شرایط بلوغ باشد. در نهایت بر اساس نتایج مطالعه حاضر می‌توان گفت ویژگی‌های ریخت‌شناسی دو جمعیت ماهیان سفید بهاره و پاییزه تالاب انزلی دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

مقایسه صفات تولیدمثلی در بین دو فرم ماهی سفید مهاجر بهاره و پاییزه نشان داد میانگین هم‌آوری مطلق و نسبی در فرم بهاره به ترتیب ۴۷۵۷۶/۹۳ و ۴۲۴۶ و در فرم پاییزه به ترتیب ۴۳۵۵۸/۹ و ۳۸۶۳/۴ شمارش شد. زکی چماچائی و وهاب‌زاده رودسری (۱۴۰۰) نیز در مطالعه خود گزارش کردند که هم‌آوری مطلق و نسبی در مولدین فرم بهاره نسبت به فرم پاییزه بالاتر بود. دلیل اصلی هم‌آوری کمتر در فرم پاییزه نسبت به بهاره را می‌توان به زمان انجام آزمایش نسبت داد. مولدین بهاره در اسفند صید و سپس مورد آزمایش قرار گرفتند. در این زمان تعدادی از مولدین پاییزه نمونه‌برداری شده به فوق رسیدگی جنسی رسیده و تخم‌ها در آنها در حال جذب و دژنره شدن بودند. حال آن که تخم‌ریزی مولدین بهاره از اسفند ماه شروع و تا فروردین ماه ادامه می‌یابد. در نتیجه بیشتر

مولدین بهاره با هورمون‌تراپی اقدام به تخم‌ریزی کردند. بنابراین، باید دقت شود که زمان تخم‌ریزی جمعیتی از فرم پاییزه بسته به شرایط جوی قبل از اسفند ماه یعنی در اواسط بهمن ماه است. همچنین با افزایش وزن ماهی، هم‌آوری افزایش می‌یابد. همبستگی مستقیم و معنی‌دار هم‌آوری مطلق و نسبی با وزن ماهی نشان دهنده افزایش میزان تخصیص انرژی به تولیدمثل یا رشد ماهی است.

در این مطالعه، با توجه به وزن بیشتر ماهیان ماده بهاره نسبت به پاییزه، میزان تخمک در گرم مولدین بهاره با میانگین ۱۰/۸۲±۲۹۲/۳ از مولدین پاییزه با میانگین ۸/۲۶±۲۷۴/۸ بیشتر بود. اما با وجود وزن بیشتر ماهیان نر پاییزه، میزان اسپرم در مولدین بهاره (۲±۱۲/۶ میلی‌لیتر) به طور چشمگیری بیشتر از مولدین پاییزه (۱/۹۱±۷/۵۷ میلی‌لیتر) بود. در توضیح این یافته باید گفت، عواملی مثل زمان نمونه‌گیری (اثر فصل) تاثیر بیشتری نسبت به وزن دارد. زیرا استحصال اسپرم از مولدین فرم بهاره در زمان مهاجرت و از مولدین فرم پاییزه پس از ۴ تا ۵ ماه نگهداری در محیط اسارت انجام پذیرفته است. بنابراین، در مولدین نر پاییزه، گناد بازجذب کرده و شاخص وزنی گناد و حجم اسپرم کمتر می‌شود. در مطالعه زکی چماچائی و وهاب‌زاده رودسری (۱۴۰۰) نیز حجم اسپرم استحصالی ماهیان بهاره (۱/۴۵±۱۱/۱۵ میلی‌لیتر) به طور معنی‌داری بیشتر از ماهیان سفید فرم پاییزه (۱/۷۴±۶/۶۷ میلی‌لیتر) گزارش شد که با مطالعه حاضر مطابقت دارد.

بر اساس نتایج این مطالعه، میانگین درصد تخم‌های لقاح یافته پس از ۲۴ و ۴۸ ساعت در فرم بهاره به ترتیب ۱/۸±۸۷ و ۲/۵±۷۷/۳۲ درصد و در فرم پاییزه به ترتیب ۲±۹۶/۹۳ و ۱/۸۸±۸۸/۷۶ درصد بود. این اختلاف بین فرم بهاره و پاییزه، در ۴۸ ساعت بعد از لقاح بیشتر از ۱۱ درصد بود. در مطالعه ولی‌پور و خانی‌پور (۱۳۹۴) میانگین درصد تخم‌های لقاح یافته فرم پاییزه ۹۷/۳ درصد و بیشتر از فرم بهاره به دست آمد. در نهایت بر اساس نتایج مطالعه حاضر می‌توان گفت ویژگی‌های تولیدمثلی دو جمعیت ماهیان سفید بهاره و پاییزه تالاب انزلی دارای اختلاف معنی‌دار بودند.

با مطالعه جمعیت‌های مختلف یک گونه بر اساس ویژگی‌های ریختی و تولیدمثلی می‌توان تهدیدها و فرصت‌های آن اکوسیستم را مورد ارزیابی قرار داد و از نتایج به دست آمده برای مدیریت زیستی و حفاظتی و بهره‌برداری استفاده کرد. جمعیت‌های ماهیان در

زیستگاه‌های مختلف تحت تاثیر شرایط و عوامل محیطی می‌توانند ویژگی‌های مختلف ریختی و تولیدمثلی را از خود نشان دهند. صفات ریخت‌شناسی در ماهیان نسبت به مهره‌داران دیگر بیشتر دچار تغییرات درون‌گونه‌ای و بین گونه‌ای می‌شوند و نسبت به تغییرات ناشی از محیط حساسیت بیشتری را نشان می‌دهند. در گذشته تصور می‌شد که تغییرات ریختی و تولیدمثلی صرفا منشا ژنتیکی دارد، اما امروزه مشخص شده است که تغییرات محیطی نیز در کنار عوامل ژنتیکی در تغییرات ریختی و تولیدمثلی تاثیرگذار است، به این ترتیب نقش محیط به عنوان عامل اصلی تغییرات ریختی و تولیدمثلی به اثبات رسیده است. مطالعه تنوع‌پذیری در ویژگی‌های زیستی جمعیت‌های یک گونه، امکان درک و فهم بهتر تغییرات را در ویژگی‌های جمعیتی در مقابل تغییرات محیطی فراهم می‌کند (مولودی صالح و کیوانی، ۱۳۹۸).

نتایج ارائه شده در این مطالعه تفکیک ریختی ماهی سفید فرم بهاره و پاییزه را اثبات می‌کند که این تمایز می‌تواند به علت جدایی جغرافیایی و وجود شرایط متفاوت از جمله شرایط فیزیکوشیمیایی و محیطی در زیستگاه این جمعیت‌ها باشد. عامل دیگری که احتمالا می‌تواند در جدایی جمعیت‌ها نقش مهمی را ایفا کند، سازگاری‌های فیزیولوژیکی است که جمعیت‌های مختلف ماهی در محیط‌های متفاوت برای بقا خود اتخاذ می‌کنند. در اکوسیستم‌های آبی چنین سازگاری‌هایی در نتیجه نیاز به سازش با نیروهای هیدرودینامیکی برای حفظ انرژی در طی رفتارهای زیستی مرتبط می‌شود. با توجه به اهمیت حفظ ذخایر ژنتیکی گونه‌های بومی و با توجه به یافته‌های علمی این مطالعه، تکثیر، حفظ و بازسازی ذخایر جمعیت‌های ماهی سفید بهاره و پاییزه برای معرفی بچه ماهیان در زیستگاه‌های محل صید مولدین پیشنهاد می‌شود.

منابع

احمدنژاد م.، عوفی ف.، حسینجانی ع.، بهمنی م.، حافظیه م.، بورانی م.، پورغلامی ا.، فضلی ح.، عبدالملکی ش. و خارا ح. ۱۴۰۱. کاربرد مدل تحلیل مدیریتی SWOT-FAHP در ارزیابی روند بازسازی ذخایر ماهی سفید (*Rutilus kutum*) در آب‌های ایرانی دریای خزر. مجله علوم آبزی‌پروری، ۱۰(۱): ۳۳-۲۲.

امینیان فتیده ب.، محمدی م.، کریم‌زاده ق.، محمدجعفری ع. و وحدتی‌راد ن. ۱۳۹۵. بررسی بیولوژی و تاثیر شرایط محیطی بر میزان صید و مهاجرت ماهی سفید در حوضه جنوب شرقی دریای خزر (استان گلستان). پژوهش‌های جانوری، ۲۹(۴): ۴۰۰-۳۸۰.

جباری م.، خالصی م.، حق‌پرست س. و کوهستان اسکندری س. ۱۴۰۰. تاثیر سطوح مختلف قلیائیت آب بر شاخص‌های رشد، آنالیز لاشه و پارامترهای خونی ماهی سفید انگشت قد (*Rutilus frisii kutum* Kamenskii,1901). نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی، ۹(۳): ۱۰-۱.

حاجی‌آقایی قاضی‌محله ف. و ایمانپور نمین ج. ۱۳۹۹. مروری بر ماهیان تالاب انزلی. نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی، ۸(۵): ۸۱-۷۷.

دریانبرد غ.، فضلی ح.، تقوی مطلق ا.، بندانی غ. و پورغلامی مقدم ا. ۱۳۹۸. سن، رشد و مقدار زی‌توده ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum* Kamenskii, 1901) در آب‌های ایرانی دریای خزر. مجله علمی شیلات ایران، ۲۸(۴): ۸۷-۷۹.

ربوطی ه.، اصغری م.، سریری ر.، حیدری ب. و بلالایی س. ۱۴۰۰. تعیین کیسپپتین ماهی سفید دریای خزر و تاثیر آن بر هورمون‌های تولیدمثلی. فیزیولوژی و بیوتکنولوژی آبزیان، ۹(۴): ۲۰-۱.

زکی چماچائی و. و وهاب‌زاده رودسری ح. ۱۴۰۰. مقایسه نرماتیوهای تکثیر مصنوعی ماهی سفید (*Rutilus frisii*) فرم بهاره و پاییزه. نهمین همایش ملی و اولین همایش بین‌المللی ماهی‌شناسی ایران، دانشگاه گیلان. ص: ۱۸۳-۱۷۵.

صفایی‌پور س.، قارزی ا. و عباسی‌پور م. ۱۴۰۰. بررسی رشد و ویژگی‌های تولیدمثلی جنس ماده ماهی *Capoeta damascina* در رودخانه سزار سپید دشت، استان لرستان. تنوع زیستی و رده‌بندی جانوران، ۱(۱): ۱۹-۹.

علیزاده م.، پاتیمار ر.، عبدلی ا.، فرهنگی م. و گلزاریان‌پور ک. ۱۳۹۴. بررسی تنوع ریختی ماهی سفید رودخانه‌ای (*Leuciscus orientalis* Nordmann, 1840) در حوضه جنوبی دریای خزر. فصلنامه محیط زیست جانوری، ۷(۱): ۲۲۸-۲۱۷.

محسنی م. و قاسمی ف. ۱۳۹۸. مقایسه ویژگی‌های مورفومتریک و مریستیک ماهی سفید بهاره *Rutilus frisii kutum* در

مصب‌های رودخانه‌ای دریای خزر. فصلنامه دانش زیستی ایران، ۱۳(۳): ۷۷-۶۳.

مولودی صالح ع. و کیوانی ی. ۱۳۹۸. مقایسه جمعیت‌های ماهی سفید رودخانه‌ای (*Squalius turcicus* De Filippi, 1865) در بخش جنوب غربی حوضه خزر با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی. مجله پژوهش‌های جانوری، ۳۲(۳): ۲۴۳-۲۳۳.

نادری جلودار م.، حسین‌زاده صحافی ه.، صفری ر.، نصرازاده ساروی ح.، افرایی بندپی م. و روحی ا. ۱۴۰۰. اهمیت حفاظت از تولیدمثل طبیعی ماهی سفید دریای خزر (*Rutilus frisii kutum* Kamenskii, 1901) در بهره‌برداری از ظرفیت برد اکولوژیک اکوسیستم. نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی، ۹(۲): ۲۰-۱۱.

ولی‌پور ع. و خانی‌پور ع. ۱۳۹۴. زی‌فن تکثیر مصنوعی ماهی سفید فرم پاییزه دریای خزر. نشریه توسعه آبزی‌پروری، ۹(۴): ۸۷-۷۵.

Abbasi K., Moradi M., Mirzajani A., Nikpour M., Zahmatkesh Y., Abdoli A. and Mousavi-Sabet H. 2019. Ichthyo-diversity in the Anzali Wetland and its related rivers in the southern Caspian Sea basin, Iran. Journal of Animal Diversity, 1(2): 90–135.

Bagenal T. and Tesch F. 1978. Methods for Assessment of Fish Production in Fresh Waters, IBP Handbook 3. Blackwell, UK. 348P.

Biswas S.P. 1993. Manual of Methods in Fish Biology. South Asian Publishery, India. 157P.

Erguden D. and Turan C. 2005. Examination of genetic and morphological structure of sea bass (*Dicentrarchus labrox* L., 1785) population in Turkish coastal waters. Turkish Journal of Vertebrate Animal Sciences, 29: 727–733.

Forouhar Vajargah M., Gerami M., Sattari M. and Hedayati A. 2020. Morphological analysis of *Alburnoides samiii* from Toolkhone River, Guilan Province, South Caspian Sea Basin. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 19(2): 1015–1023.

Khanipour A.A., Noori A., Amini M. and Kamrani E. 2020. Length-weight relationship and Fulton's condition factor of *Macrobrachium nipponense* (De Haan, 1849) in Anzali lagoon of Iran. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 19(1): 496–500.

Morgan T.H. 1961. Random segregation versus coupling in Mendelian inheritance. Science, 34(873): 384–397.

Naderi S., Mirzajani A. and Hadipour E. 2017. Distribution of and threats to the Eurasian otter (*Lutra lutra*) in the Anzali

Wetland, Iran, IUCN/SCC Otter Specialist Group Bulletin, 34(2): 84–94.

Petrellis N. 2021. Measurement of fish morphological features through image processing and deep learning techniques. Applied Sciences, 11: 1–23 (4416).

Salini J.P., Milton D.A., Rahman M.J. and Hussain M.G. 2004. Allozime and morphological variation throughout the geographic range of the tropical shad, hilsa *Tenualosa ilisha*. Fisheries Research, 66: 53–69.

Sattari M., Imanpour Namin J., Bibak M., Forouhar Vajargah M., Hedayati A., Khosravi A. and Mazareiy M.H. 2019. Morphological comparison of western and eastern populations of Caspian kutum, *Rutilus kutum* (Kamensky, 1901) (Cyprinidae) in the southern Caspian Sea. International Journal of Aquatic Biology, 6(4): 242–247.

Sawalman R. and Madduppa H. 2020. The analysis of morphological and genetic characteristics of yellowstripe scad from Muara Baru modern fish market in North Jakarta. Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan, 12(2): 308–314.

Aquatic Physiology and Biotechnology
Vol. 11, No. 2, Summer 2023

Research Paper

Comparison of morphological and reproductive indices of spring and autumn migratory populations of Mahi sefid (*Rutilus kutum*) to Anzali lagoon

Danial Gorouhi[1], Seyed Hamed Mousavi Sabet[2]*

DOI: 10.22124/japb.2022.22921.1483
Received: September 2022 Accepted: January 2023

Abstract

The present study was conducted with the aim of comparing the morphological and reproductive indices of spring and autumn migratory Mahi sefid populations to Anzali lagoon. Therefore, 120 spring and autumn migratory Mahi sefid were caught at a station leading to Anzali lagoon. The results of the comparison of morphological characteristics showed that these characteristics were significantly higher in autumn broodstocks than spring broodstocks. Based on the analyzing into main factors, total length, fork length, standard length and body weight traits expressed 73.33% of the diversity of morphological characteristics between spring and autumn populations. Comparison of reproductive characteristics did not show any significant difference in absolute fecundity between spring and autumn populations ($P>0.05$). The average relative fecundity, number of eggs and sperm volume of the spring broodstocks were significantly higher than the autumn breed ($P<0.05$). The fertilization percentage after 24 and 48 hours in the autumn form were significantly higher than the spring form ($P<0.05$). Therefore, the broodstocks of the autumn form were higher in morphological characteristics and fertilization percentage, and the broodstocks of the spring form were higher in relative fecundity, number of eggs and sperm volume.

Key words: *Mahi Sefid, Morphological Indices, Reproductive Indices, Anzali Lagoon*.

1- M.Sc. in Fisheries Science and Engineering, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmehsara, Iran.
2- Associate Professor in Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmehsara, Iran.

*Corresponding Author: mousavi-sabet@guilan.ac.ir