

## "مقاله پژوهشی"

# تاثیر آب خروجی مزارع تولید ماهی قزل آلائی رنگین کمان بر جوامع درشت بی مهرگان کفزی و کیفیت آب رودخانه پردانان آذربایجان غربی

مسعود صیدگر<sup>۱\*</sup>، علی نکوئی فرد<sup>۱</sup>، فریدون محبی<sup>۱</sup>، رضا احمدی<sup>۱</sup>، محمد رضا مهرابی<sup>۲</sup>، سید جلیل ذریه زهرا<sup>۲</sup>، بیژن مصطفی زاده<sup>۱</sup>، ژاله علیزاده اوصالو<sup>۱</sup>

۱-مرکز تحقیقات آبرمیای کشور، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران

۲-موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۸/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱/۲۲

## چکیده

امروزه استفاده چند منظوره از پتانسیل بالقوه منابع آبی با احداث استخرهای پرورش ماهی قزل آلائی رنگین کمان در بالا دست برخی رودخانه‌های دایمی در جهت استفاده بهینه از این منابع و افزایش اشتغال مورد توجه است. ورود مستقیم پساب این استخرها به آب این رودخانه‌ها می‌تواند بر کیفیت آب آنها تاثیر داشته باشد. هدف از این تحقیق تعیین اثر پساب مزرعه پرورش قزل آلائی رنگین کمان بر جوامع بزرگ بی مهرگان کفزی و میزان آلودگی آلی رودخانه پردانان (آذربایجان غربی) در سال ۱۳۹۴ با استفاده از شاخص زیستی هیلسینهوف بود. نمونه برداری از ۶ ایستگاه به صورت فصلی در موقعیت های ورودی، خروجی مزرعه اول با ظرفیت ۱۰۰ تن و با فواصل ۷۰۰، ۱۴۰۰، ۲۱۰۰ و ۲۸۰۰ متر بعد از خروجی مزرعه اول انجام شد. برخی عوامل فیزیکی و شیمیایی موثر بر کیفیت آب مانند TDS، DO، pH، EC و دما اندازه گیری شدند. ۴ شاخه، ۴ رده، ۷ راسته و ۱۴ خانواده از درشت بی مهرگان آبرزی شناسایی شدند. ایستگاه ۱ که در بالادست رودخانه قرار داشت کیفیت آب خیلی خوب داشت. ولی ایستگاه ۲ که در محدوده خروجی فاضلاب کارگاه پرورش ماهی قرار داشت، کیفیت آب بدتری نسبت به سایر ایستگاه‌ها داشت. میانگین شاخص زیستی رودخانه مزبور ۱/۹۹ بدست آمد که نشان می‌دهد کیفیت آب رودخانه پردانان عالی بوده و بیان کننده عدم وجود آلودگی آلی است. شاخص زیستی هیلسینهوف برای ایستگاه ۴ (۱/۴) کمترین و برای ایستگاه ۲ (۲/۴۴) بیشترین مقدار را بین ایستگاه‌های نمونه برداری نشان داد. این شاخص در فصل بهار (۱/۷۹) کمترین و در فصل پاییز (۲/۱۵) بیشترین مقدار را داشت. در نتیجه، بهبود این شاخص در فاصله ۱۴۰۰ متری از محل خروجی می‌تواند ناشی از ظرفیت خودپالایی آن باشد که منجر به رقیق سازی پساب شده است.

**کلمات کلیدی:** پرورش ماهی، پردانان، درشت بی مهرگان کفزی، کیفیت آب.

## مقدمه

رودخانه‌ها از مهمترین منابع تامین آب شیرین مصرفی در بخش‌های کشاورزی، صنعتی، خانگی هستند. مطالعه رودخانه‌ها علاوه بر تشخیص سلامت اکوسیستم آبی می‌تواند نشانگر فشارهای وارده در اثر فعالیت‌های انسانی بر آنها باشد (Kenney et al., 2009). بررسی جوامع بزرگ بی‌مهرگان کفزی یکی از روش‌های متداول برای ارزیابی اثر تنش‌های وارده بر اکوسیستم آبی است. ناهماهنگی در ساختار جمعیت کفزیان می‌تواند باعث اختلال در شبکه غذایی اکوسیستم و آسیب به سطوح بالاتر زنجیره‌های غذایی شود (Kerans and Karr, 1994). نادری جلودار و همکاران اثر پساب مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر بزرگ بی‌مهرگان کفزی و توان خودپالایی رودخانه هراز با استفاده از شاخص زیستی هیلسینهوف را بررسی کرده و نتیجه گرفتند که ایستگاه‌های بلافاصله بعد از هر مزرعه نسبت به ایستگاه‌های قبل از آن از کیفیت آب بسیار نامطلوبی برخوردار بوده و میزان تاثیرگذاری پساب مزارع در فصول گرم بیشتر بود (نادری جلودار و همکاران، ۱۳۹۰). کمالی و اسماعیلی ساری (۱۳۸۸) رودخانه لاسم مازندران را با استفاده از ساختار جمعیت بی‌مهرگان کفزی ارزیابی کردند و بر ارتباط بین فراوانی جوامع کفزی با شرایط زیستی بستر تاکید کردند. Camargo و همکاران در سال ۲۰۱۱ نشان دادند که فراوانی بزرگ بی‌مهرگان کفزی در مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان اسپانیا در قسمت‌های پایین دست ایستگاه‌های آلوده نسبت به ایستگاه بالاتر افزایش یافته‌بود و شاخص‌های بزرگ بی‌مهرگان کفزی برای بررسی بیولوژیک آلودگی

مزارع ماهی مناسب تر از ماکروفیت‌های آبرزی است. همچنین Gulpart و همکاران در سال ۲۰۱۲، در رودخانه ای در فرانسه نشان دادند که فراوانی کل بی-مهرگان کفزی بلافاصله در پایین دست محل تخلیه پساب مزارع افزایش یافت. خوش اخلاق و همکاران (۱۳۹۴) اثر پساب مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر جوامع بزرگ بی‌مهرگان کفزی رودخانه ماربر سمیرم را بررسی کردند و نتیجه گرفتند که با استفاده از شاخص زیستی هیلسینهوف کیفیت آب رودخانه فوق در طبقه متوسط تا عالی بود. آنها بیان داشتند که رودخانه ماربر سمیرم از قابلیت خودپالایی مناسبی برخوردار بوده، به طوری که در فاصله دو کیلومتری از مزارع پرورش ماهی کیفیت آب آن بهبود یافته است.

صنعت آبرزی پروری مانند سایر فعالیت‌های تولید غذا بر محیط زیست اثر گذاشته و پساب خروجی سیستم‌های پرورش آبزیان می‌تواند موجب تغییر اکوسیستم دریافت کننده پساب شود (حاتمی و همکاران، ۱۳۹۰). عدم رعایت فواصل مناسب میان مزارع و عدم وجود سیستم فیلتراسیون مناسب و انتقال پساب‌های مزارع میان آنها و انتشار پسماندهای غذایی آلودگی‌های مختلف میان مزارع از مشکلاتی است که به گسترش و بروز آلودگی‌ها و عفونت‌های مختلف و تلفات و خسارات اقتصادی و کاهش راندمان تولید منجر می‌شود (ذریه زهرا، ۱۳۹۵). خروجی مزارع پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌تواند دارای آلودگی‌های مختلف مانند باکتری‌ها، ویروس‌ها، انگل‌های مختلف، داروها و مواد گندزدای مورد استفاده برای کنترل انگل‌ها و غذای رسوب شده و مواد دفعی باشند که در ایجاد تغییرات فیزیکی شیمیایی و

بیولوژیکی پساب خروجی مزارع پرورش ماهی دخالت دارند (بیاتی و همکاران، ۱۳۹۴). پساب آبزی پروری می‌تواند موجب افزایش غلظت مواد جامد معلق و مواد آلی محلول، کاهش سطح اکسیژن محلول در آب و ایجاد حالت بی‌هوازی، افزایش غلظت فسفات و نیتрат، افزایش مقادیر مواد سمی مانند آمونیاک شود که معمولاً کاهش تنوع جوامع زیستی و غنای گونه‌ای و افزایش فراوانی و غالبیت جانداران مقاوم به آلودگی و تغییر ساختار جامعه زیستی را به همراه دارد (حاتمی، ۱۳۹۰; Lenat, 1988). سنجش عوامل فیزیکی و شیمیایی آب متداول نمی‌تواند بیانگر کامل وضعیت کیفی محیط آبی باشد (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱). لذا برای بررسی اثر پساب مزارع پرورش ماهی بر آب‌های دریافت‌کننده پساب، ارزیابی تغییرات جوامع زیستی آن روش مناسبی محسوب می‌شود (حاتمی و همکاران، ۱۳۹۰). به ازای هر تن تولید ماهی، ۳۰۰ - ۱۵۰ کیلوگرم مواد غذایی مصرف نشده و ۳۰۰ - ۲۵۰ کیلوگرم مدفوع وارد آب می‌شود (ذریه زهرا، ۱۳۹۵). مشخص شده که وجود آب غنی از اکسیژن و دتریت حاصله از نواحی دارای پوشش گیاهی تنوع زیستی بی-مهرگان را به حداکثر می‌رساند. لذا در حدفاصل بین محیط‌های آبی و خاکی تنوع زیستی خیلی بالاست (Ahmadi et al., 2011). میزان پرورش ماهیان سردآبی کشور در سال ۱۳۹۳، ۱۲۶۰۰ تن بوده که در سال ۱۳۹۸ به ۱۸۲۶۰۱ تن افزایش یافته است. همچنین تعداد مزارع پرورش ماهیان سردآبی کشور در سال ۱۳۹۳، ۴۸۳۷ باب بوده که در سال ۱۳۹۸ به ۷۱۱۲ باب افزایش یافته است. در استان آذربایجان غربی نیز میزان پرورش

ماهیان سردآبی در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۸ به ترتیب ۸۸۳۰ و ۸۰۰۰ تن بوده است (قربانزاده و نظری، ۱۳۹۸). رودخانه پردانان در جنوب غربی استان آذربایجان غربی و در نزدیکی مرز ایران و عراق در شهرستان پیرانشهر واقع شده است. این رودخانه یکی از سرشاخه‌های مهم رودخانه کلاس (ذاب کوچک) است که از جهت غرب به شرق جریان داشته و در نزدیکی روستای شیوه مردان به رودخانه داب متصل می‌گردد. هدف از انجام این تحقیق مقایسه تنوع و تراکم فصلی درشت بی‌مهرگان کفزی، بررسی تأثیر پساب مزرعه ماهی قزل-آلائی رنگین کمان بر جوامع درشت بی‌مهرگان کفزی و تعیین کیفیت آب رودخانه پردانان استان آذربایجان غربی با استفاده از شاخص زیستی هیلسینهوف بود. لزوم افزایش تولیدات آبزی پروری در کشور و اهمیت توسعه این صنعت همگام با اهداف زیست محیطی اهمیت این تحقیق را آشکار می‌سازد.

### مواد و روش‌ها

در این مطالعه نمونه برداری درشت بی‌مهرگان کفزی به صورت فصلی در طول یک سال (۱۳۹۴) و نمونه‌برداری برای تعیین عوامل فیزیکی و شیمیایی آب به صورت ماهیانه با سه تکرار در هر ایستگاه از ۶ ایستگاه در موقعیت‌های ورودی، خروجی مزرعه پرورش ماهی، ۷۰۰، ۱۴۰۰، ۲۱۰۰ و ۲۸۰۰ متر بعد از خروجی مزرعه (شکل ۱)، با هدف تعیین میزان آلودگی آلی رودخانه پردانان (آذربایجان غربی) انجام شد.



شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های نمونه برداری شده

گونه‌های مختلف کفزیان به تفکیک هر ایستگاه پس از جداسازی و شناسایی آنها در هر ایستگاه تعیین گردید. جهت ارزیابی کیفیت آب در هر ایستگاه از شاخص زیستی هیلسینهوف Hilsenhoff Family Biological Index (HFBI) استفاده شد (Hilsenhoff, 1988). تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده با استفاده از نرم افزار آماری SPSS ویرایش ۱۷ انجام شد. برای بررسی اختلاف معنی دار داده‌های فیزیکی و شیمیایی و شاخص‌های زیستی بین ایستگاه‌ها از آنالیز واریانس یک طرفه (One way Anova) و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

### نتایج

نتایج مربوط به میانگین دمای آب در ایستگاه‌های مختلف طی فصول مختلف سال در جدول ۱ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود دمای آب بین ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری در هر فصل تفاوت معنی داری را نشان نداد ( $p > 0.05$ ), هر چند که به طور کلی با افزایش فاصله از ایستگاه ۱ تا ۶ روند افزایشی در مقادیر مربوط به دمای آب مشاهده شد.

دمای آب توسط دماسنج دیجیتال، اکسیژن محلول در آب توسط دستگاه اندازه‌گیری Microprocessor oximeter (oxi320) ساخت شرکت WTW آلمان، EC آب توسط دستگاه اندازه‌گیری Microprocessor conductivity meter (LF320) ساخت شرکت WTW آلمان غربی، میزان pH آب توسط pH متر دیجیتال Janway مدل 3020، مقدار  $BOD_5$  با روش وینکلر و TDS آب توسط دستگاه اندازه‌گیری Microprocessor conductivity meter (LF320) ساخت شرکت WTW آلمان غربی اندازه‌گیری شد. نمونه برداری‌های درشت بی‌مهرگان آبرزی به دلیل سنگلاخی بودن رودخانه پیردانان به روش سنگ شویی صورت پذیرفت. نمونه‌های جمع‌آوری شده در داخل الک ۳۰۰ میکرونی شستشو شده و به درون ظروف پلاستیکی منتقل گردیده و با فرمالین ۴ درصد تثبیت شدند. در آزمایشگاه نمونه‌های برداشت شده، دوباره بوسیله الک ۳۰۰ میکرون شستشو شده و پس از آماده سازی در زیر لوپ بررسی شدند و درشت بی‌مهرگان کفزی با استفاده از کلیدهای شناسایی معتبر، تا حد خانواده و جنس شناسایی شدند و در انتها تعداد درشت بی‌مهرگان کفزی در هر خانواده شمارش شدند. فراوانی

جدول ۱: میانگین (Mean±SE) دمای آب در ایستگاه‌های مختلف طی فصول مختلف سال

| فصل     | ایستگاه      |              |              |              |              |              | P value |
|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------|
|         | ۱            | ۲            | ۳            | ۴            | ۵            | ۶            |         |
| بهار    | ۱۱/۷۰ ± ۲/۳۵ | ۱۲/۰۰ ± ۲/۳۶ | ۱۲/۲۳ ± ۲/۳۰ | ۱۲/۰۰ ± ۲/۱۰ | ۱۲/۲۰ ± ۲/۲۵ | ۱۲/۰۶ ± ۲/۱۵ | ۱/۰۰۰   |
| تابستان | ۱۶/۹۰ ± ۱/۹۵ | ۱۷/۰۳ ± ۱/۹۰ | ۱۷/۲۳ ± ۱/۸۵ | ۱۷/۳۰ ± ۱/۷۵ | ۱۷/۲۰ ± ۱/۸۰ | ۱۷/۳۰ ± ۱/۷۰ | ۱/۰۰۰   |
| پاییز   | ۱۱/۰۰ ± ۳/۱۵ | ۱۱/۱۶ ± ۳/۱۰ | ۱۱/۱۳ ± ۳/۰۵ | ۱۱/۰۰ ± ۳/۰۵ | ۱۱/۰۰ ± ۳/۱۰ | ۱۰/۶۰ ± ۲/۵۲ | ۱/۰۰۰   |
| زمستان  | ۶/۳۶ ± ۱/۳۵  | ۶/۳۶ ± ۱/۴۵  | ۶/۵۳ ± ۱/۴۲  | ۶/۲۶ ± ۱/۴۵  | ۶/۳۶ ± ۱/۴۵  | ۶/۲۳ ± ۱/۶۹  | ۱/۰۰۰   |

همانطور که جدول ۲ نشان می‌دهد، میانگین BOD آب در ایستگاه‌های مختلف طی هر فصل تفاوت معنی‌داری را نشان نداد ( $p > 0.05$ ).

جدول ۲: میانگین BOD آب در ایستگاه‌های مختلف طی فصول مختلف سال

| فصل     | ایستگاه     |             |             |             |             |             | P value |
|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------|
|         | ۱           | ۲           | ۳           | ۴           | ۵           | ۶           |         |
| بهار    | ۱/۹۴ ± ۰/۶۵ | ۲/۶۱ ± ۰/۵۹ | ۲/۳۴ ± ۰/۶۴ | ۲/۲۹ ± ۰/۷۶ | ۱/۹۶ ± ۰/۵۷ | ۱/۷۹ ± ۰/۴۹ | ۰/۶۱۷   |
| تابستان | ۳/۲۳ ± ۰/۴۷ | ۳/۹۹ ± ۰/۱۶ | ۴/۰۲ ± ۰/۲۲ | ۴/۳۰ ± ۰/۵۹ | ۴/۲۲ ± ۰/۶۳ | ۴/۰۳ ± ۰/۴۹ | ۰/۱۴۹   |
| پاییز   | ۱/۴۳ ± ۰/۱۵ | ۱/۵۲ ± ۰/۱۸ | ۱/۴۶ ± ۰/۱۷ | ۱/۳۸ ± ۰/۱۸ | ۱/۳۲ ± ۰/۱۵ | ۱/۲۷ ± ۰/۲۲ | ۰/۵۸۸   |
| زمستان  | ۰/۹۵ ± ۰/۱۰ | ۱/۰۸ ± ۰/۱۹ | ۱/۰۱ ± ۰/۰۷ | ۰/۹۹ ± ۰/۱۲ | ۰/۹۸ ± ۰/۰۹ | ۱/۰۰ ± ۰/۱۲ | ۰/۸۳۳   |

مقادیر مربوط به میانگین EC آب در ایستگاه‌های مختلف طی فصول مختلف سال در جدول ۳ نشان داده شده است. میانگین EC آب در ایستگاه‌های مختلف طی هر فصل سال تفاوت معنی‌داری را نشان نداد، هر چند که میزان EC آب از ایستگاه ۱ الی ۶ روند افزایشی را نشان داد ( $p > 0.05$ ).

جدول ۳: میانگین (Mean±SE) EC آب در ایستگاه‌های مختلف طی فصول مختلف سال

| فصل     | ایستگاه        |                |                |                |                |                | P value |
|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------|
|         | ۱              | ۲              | ۳              | ۴              | ۵              | ۶              |         |
| بهار    | ۲۰۵/۴۳ ± ۲۱/۴۶ | ۲۲۹/۶۶ ± ۳۱/۷۲ | ۲۱۶/۷۶ ± ۱۶/۴۶ | ۲۲۲/۳۳ ± ۲۰/۸۴ | ۲۲۶/۶۶ ± ۲۴/۶۶ | ۲۲۹/۲۰ ± ۲۸/۶۲ | ۰/۸۱۷   |
| تابستان | ۲۵۹/۰۶ ± ۹/۸۴  | ۲۷۳/۸۳ ± ۱۴/۵۷ | ۲۸۳/۹۶ ± ۱۸/۵۰ | ۲۹۶/۲۶ ± ۲۳/۲۰ | ۳۰۴/۵۰ ± ۲۴/۳۸ | ۳۰۹/۸۶ ± ۳۱/۴۴ | ۰/۰۹۶   |
| پاییز   | ۲۱۹/۳۰ ± ۱۹/۴۶ | ۲۲۹/۵۰ ± ۲۲/۱۷ | ۲۳۵/۹۶ ± ۲۲/۳۸ | ۲۳۹/۰۶ ± ۲۲/۴۷ | ۲۴۲/۷۶ ± ۲۵/۴۰ | ۲۴۸/۱۶ ± ۳۰/۹۲ | ۰/۷۴۱   |
| زمستان  | ۱۹۵/۷۳ ± ۱۹/۵۳ | ۱۹۷/۵۳ ± ۱۲/۰۲ | ۲۰۷/۷۳ ± ۲۸/۳۶ | ۲۱۲/۴۰ ± ۲۶/۵۴ | ۲۱۶/۴۰ ± ۲۷/۸۱ | ۲۲۰/۱۰ ± ۳۳/۵۱ | ۰/۸۰۳   |

همان طور که در جدول ۴ نشان داده شده است، میزان pH آب بین ایستگاه‌های مختلف نمونه برداری طی هر فصل تفاوت معنی‌داری را نشان نداد ( $p > 0.05$ ).

جدول ۴: میانگین (Mean±SE) pH آب در ایستگاه‌های مختلف طی فصول مختلف سال

| فصل     | ایستگاه     |             |               |             |             |             | P value |
|---------|-------------|-------------|---------------|-------------|-------------|-------------|---------|
|         | ۱           | ۲           | ۳             | ۴           | ۵           | ۶           |         |
| بهار    | ۷/۴۳ ± ۰/۱۱ | ۷/۳۴ ± ۰/۳۱ | ۷/۴۵ ± ۰/۲۲   | ۷/۳۶ ± ۰/۳۲ | ۷/۳۶ ± ۰/۲۳ | ۷/۳۱ ± ۰/۱۸ | ۰/۹۸۱   |
| تابستان | ۷/۷۶ ± ۰/۱۵ | ۷/۶۶ ± ۰/۱۵ | ۷/۶۰ ± ۰/۱۰   | ۷/۶۰ ± ۰/۱۰ | ۷/۵۶ ± ۰/۶۳ | ۷/۶۰ ± ۰/۰۱ | ۰/۲۳۴   |
| پاییز   | ۷/۳۳ ± ۰/۱۵ | ۷/۳۶ ± ۰/۰۵ | ۷/۳۰ ± ۰/۱۱۰۷ | ۷/۲۶ ± ۰/۱۱ | ۷/۲۳ ± ۰/۱۵ | ۷/۲۰ ± ۰/۱۰ | ۰/۵۴۶   |
| زمستان  | ۷/۱۳ ± ۰/۰۵ | ۷/۱۶ ± ۰/۰۵ | ۷/۱۶ ± ۰/۰۵   | ۷/۱۶ ± ۰/۰۵ | ۷/۰۳ ± ۰/۰۵ | ۷/۰۳ ± ۰/۰۵ | ۰/۰۷۰   |

میانگین TDS آب در ایستگاه‌های مختلف طی فصل، میانگین TDS آب بین ایستگاه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری را نشان نداد ( $p > 0.05$ ).

جدول ۵: میانگین (Mean±SE) TDS آب در ایستگاه‌های مختلف طی فصول مختلف سال

| فصل     | ایستگاه        |                |                 |                |                |                | P value |
|---------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|---------|
|         | ۱              | ۲              | ۳               | ۴              | ۵              | ۶              |         |
| بهار    | ۱۳۳/۱۰ ± ۱۲/۴۳ | ۱۳۵/۱۰ ± ۱۱/۰۱ | ۱۳۶/۴۶ ± ۱۰/۶۸  | ۱۳۹/۰۰ ± ۱۲/۳۸ | ۱۴۰/۴۳ ± ۱۳/۲۷ | ۱۴۲/۹۶ ± ۱۷/۶۷ | ۰/۹۴۲   |
| تابستان | ۱۶۵/۸۶ ± ۶/۳۶  | ۱۷۲/۶۳ ± ۷/۲۰  | ۱۸۱/۲۰ ± ۱۰/۸۱  | ۱۸۸/۸۳ ± ۱۵/۱۸ | ۱۹۵/۰۰ ± ۱۸/۳۳ | ۱۹۸/۰۶ ± ۲۱/۸۹ | ۰/۱۰۸   |
| پاییز   | ۱۵۴/۲۶ ± ۱۷/۰۰ | ۱۴۸/۲۰ ± ۱۴/۰۷ | ۱۵۳/۱۶ ± ۱۴۰/۱۹ | ۱۵۵/۰۶ ± ۱۶/۸۷ | ۱۵۶/۶۳ ± ۱۸/۵۵ | ۱۵۸/۶۳ ± ۲۰/۶۱ | ۰/۹۸۲   |
| زمستان  | ۱۲۵/۳۰ ± ۱۰/۴۵ | ۱۲۷/۶۳ ± ۹/۷۱  | ۱۳۴/۷۳ ± ۱۶/۵۴  | ۱۳۶/۷۳ ± ۱۶/۴۰ | ۱۳۹/۴۳ ± ۱۷/۱۷ | ۱۴۱/۰۶ ± ۲۰/۵۰ | ۰/۷۷۰   |

میانگین شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی آب ایستگاه‌های مورد مطالعه در جداول ۱ الی ۵ و تنوع درشت بی مهرگان کفزی شناسایی شده در ایستگاه‌های نمونه برداری رودخانه پردانان در جداول ۶ الی ۹ نشان داده شده است. در ایستگاه‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ به ترتیب راسه‌های Ephemeroptera (۳۰/۳ درصد)، Diptera (۴۶/۸ درصد)، Diptera (۲۸/۱ درصد) و Ephemeroptera (۴۱/۷ درصد)، Trichoptera (۳۰/۷ درصد) و Diptera (۲۷/۸ درصد) بیشترین درصد فراوانی را به خود اختصاص دادند. ایستگاه ۱ واقع در بالادست رودخانه کیفیت آب خیلی خوب داشت. ولی

ایستگاه ۲ واقع در محدوده خروجی فاضلاب کارگاه پرورش ماهی، کیفیت آب بدتری نسبت به ایستگاه ۱ داشت. بر اساس میانگین شاخص زیستی هیلسینهوف آب رودخانه مزبور در ایستگاه‌های مورد بررسی در سال ۱۳۹۴ دارای کیفیت آب عالی بوده و بیان کننده عدم وجود آلودگی آلی بود. شاخص زیستی هیلسینهوف برای ایستگاه ۴ (۱/۷۴) کمترین و برای ایستگاه ۲ (۲/۴۴) بیشترین مقدار را بین ایستگاه‌های نمونه برداری نشان داد. این شاخص در فصل بهار (۱/۷۹) کمترین و در فصل پاییز (۲/۱۵) بیشترین مقدار را داشت.

جدول ۶: تنوع درشت بی مهرگان کفزی شناسایی شده در ایستگاه‌های نمونه برداری رودخانه پردانان در فصل بهار

| شاخه            | رده           | راسته           | خانواده         | جنس                | گونه                          | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ |
|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|--------------------|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|
| Platyhelminthes | Rhabditophora | Tricladida      | Planariidae     | <i>Polycelis</i>   | <i>nigra</i>                  | + | + |   |   |   | - |
| Mollusca        | Gastropoda    | Prosobranchiata | Valvatidae      | <i>Valvata</i>     | <i>cristata</i>               | + | + |   |   |   | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Trichoptera     | Hydropsychidae  | <i>Hydropsyche</i> | <i>angostipennis</i>          | - | + |   |   | + | + |
| Arthropoda      | Insecta       | Ephemeroptera   | -----           | <i>Epeorus</i>     | -----                         | - | + |   | + |   | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Ephemeroptera   | Ecdyonuridae    | <i>Heptagenia</i>  | <i>sulphurea</i>              | - | - |   |   | + | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Ephemeroptera   | Caenidae        | <i>Caenis</i>      | <i>rivulorum</i>              | - | - |   |   |   | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Diptera         | Chironomidae    | <i>Spaniotoma</i>  | -----                         | - | - |   |   |   | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Diptera         | Chironomidae    | <i>Chironomus</i>  | <i>Chironomus</i>             | - | - |   |   |   | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Ephemeroptera   | Ecdyonuridae    | <i>Ecdyonurus</i>  | <i>venosus</i>                | - | + |   |   |   | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Diptera         | Llimoniidae     | <i>Dicrantota</i>  | -----                         | - | - |   |   |   | - |
| Mollusca        | Gastropoda    | prosobranchiata | Limnaeidae      | -----              | <i>peregra</i>                | - | + |   |   |   | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Trichoptera     | Hydropsychidae  | <i>Hydropsyche</i> | <i>inistablis</i>             | - | - |   | + | - | + |
| Arthropoda      | Insecta       | Trichoptera     | Psychomyiidae   | -----              | <i>lypephaeope</i>            | - | - |   | + | - | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Plecoptera      | Nemouridae      | <i>Nemorea</i>     | <i>protonemorea</i>           | - | - |   |   |   | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Diptera         | Ceratopogonidae | <i>Bezzia</i>      | -----                         | - | - |   |   |   | - |
| Mollusca        | Gastropoda    | prosobranchiata | Anchylidae      | -----              | <i>Anchylus fluviatilis</i>   | - | - |   |   |   | - |
| Arthropoda      | Insecta       | trichoptera     | planariidae     | <i>Dugesia</i>     | <i>gonocephala</i>            | - | - |   |   | + | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Ephemeroptera   | Caenidae        | <i>Caenis</i>      | <i>rivulorum</i>              | - | - |   |   | + | - |
| Cnidaria        | Hydrozoa      | Hydrida         | Hydridae        | <i>Hydra</i>       | <i>chlorohydraviridissima</i> | - | - |   |   |   | - |

جدول ۷: تنوع درشت بی مهرگان کفزی شناسایی شده در ایستگاه‌های نمونه برداری رودخانه پردانان در فصل تابستان

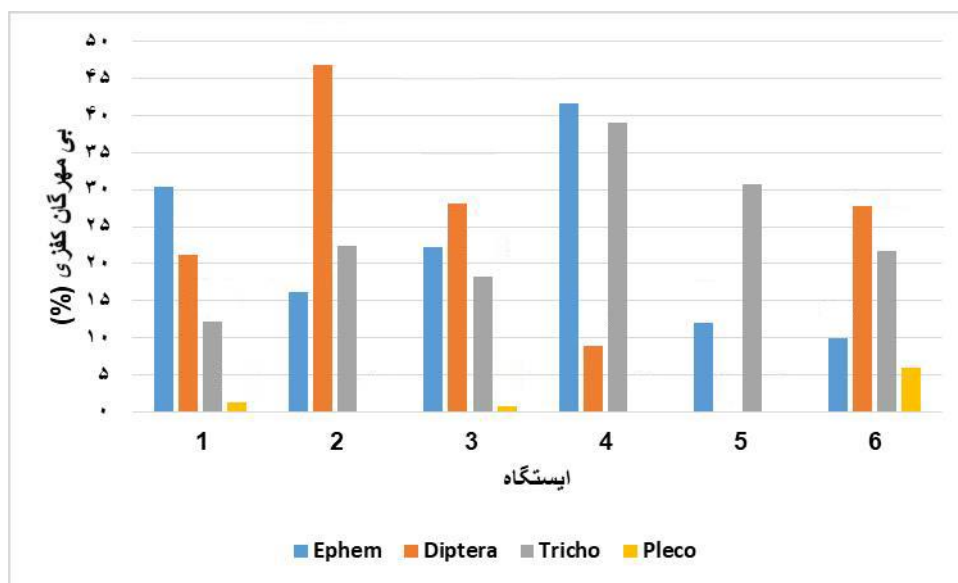
| شاخه            | رده           | راسته           | خانواده         | جنس                | گونه                          | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ |
|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|--------------------|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|
| Platyhelminthes | Rhabditophora | Tricladida      | Planariidae     | <i>Polycelis</i>   | <i>nigra</i>                  | + | + | + | + |   | - |
| Mollusca        | Gastropoda    | Prosobranchiata | Valvatidae      | <i>Valvata</i>     | <i>cristata</i>               | - | + |   |   |   | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Trichoptera     | Hydropsychidae  | <i>Hydropsyche</i> | <i>angostipennis</i>          | - | + | + | + |   | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Ephemeroptera   | -----           | <i>Epeorus</i>     | -----                         | - | + | + | + |   | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Ephemeroptera   | Ecdyonuridae    | <i>Heptagenia</i>  | <i>sulphurea</i>              | - | + | + | + |   | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Ephemeroptera   | Caenidae        | <i>Caenis</i>      | <i>rivulorum</i>              | - | + | + | + |   | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Diptera         | Chironomidae    | <i>Spaniotoma</i>  | -----                         | + | + | + | + |   | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Diptera         | Chironomidae    | <i>Chironomus</i>  | <i>Chironomus</i>             | - | - | - | - |   | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Ephemeroptera   | Ecdyonuridae    | <i>Ecdyonurus</i>  | <i>venosus</i>                | - | + |   |   |   | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Diptera         | Llimoniidae     | <i>Dicrantota</i>  | -----                         | - | - | + |   |   | - |
| Mollusca        | Gastropoda    | prosobranchiata | Limnaeidae      | -----              | <i>peregra</i>                | - | - |   |   |   | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Trichoptera     | Hydropsychidae  | <i>Hydropsyche</i> | <i>inistablis</i>             | - | + |   |   |   | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Trichoptera     | Psychomyiidae   | -----              | <i>lypephaeope</i>            | - | + |   |   |   | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Plecoptera      | Nemouridae      | <i>Nemorea</i>     | <i>protonemorea</i>           | - | - | - | - |   | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Diptera         | Ceratopogonidae | <i>Bezzia</i>      | -----                         | - | - | - | - |   | - |
| Mollusca        | Gastropoda    | prosobranchiata | Anchylidae      | <i>Anchylus</i>    | <i>Anchylus fluviatilis</i>   | - | - | - | - |   | - |
| Arthropoda      | Insecta       | trichoptera     | planariidae     | <i>Dugesia</i>     | <i>gonocephala</i>            | - | - | - | - |   | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Ephemeroptera   | Caenidae        | <i>Caenis</i>      | <i>rivulorum</i>              | - | - | - | - |   | - |
| Cnidaria        | Hydrozoa      | Hydrida         | Hydridae        | <i>Hydra</i>       | <i>chlorohydraviridissima</i> | - | - | - | - | + | - |

جدول ۸: تنوع درشت بی مهرگان کفزی شناسایی شده در ایستگاه‌های نمونه برداری رودخانه پردنان در فصل پاییز

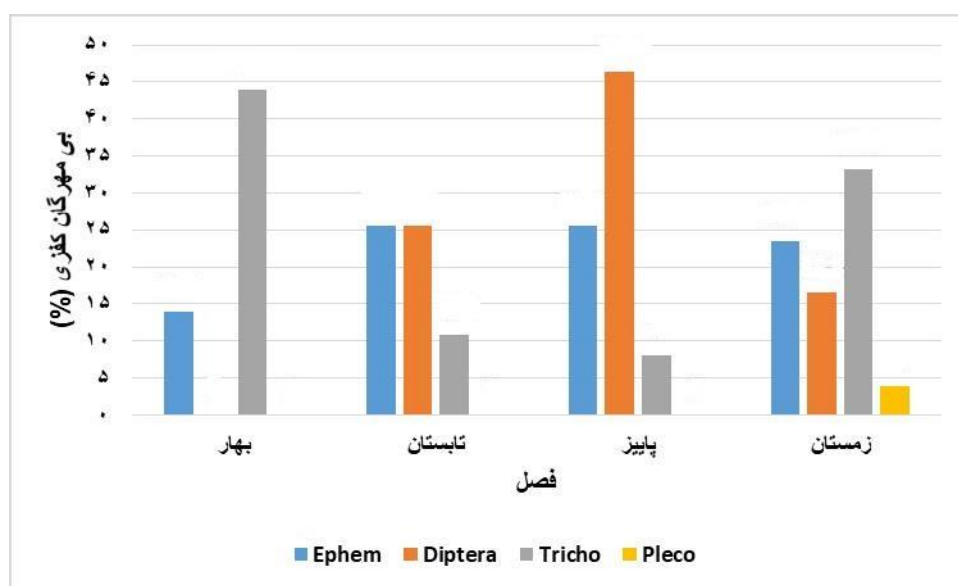
| شاخه            | رده           | راسته           | خانواده         | جنس                | گونه                        | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ |
|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------------------|---|---|---|---|---|---|
| Platyhelminthes | Rhabditophora | Tricladida      | Planariidae     | <i>Polycelis</i>   | <i>nigra</i>                | - | - | - | - | + | - |
| Mollusca        | Gastropoda    | Prosobranchiata | Valvatidae      | <i>Valvata</i>     | <i>cristata</i>             | - | - | - | - | - | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Trichoptera     | Hydropsychidae  | <i>Hydropsyche</i> | <i>angostipennis</i>        | - | - | - | - | - | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Ephemeroptera   | -----           | <i>Epeorus</i>     | -----                       | + | - | + | + | - | + |
| Arthropoda      | Insecta       | Ephemeroptera   | Ecdyonuriidae   | <i>Heptagenia</i>  | <i>sulphurea</i>            | - | + | + | + | - | + |
| Arthropoda      | Insecta       | Ephemeroptera   | Caenidae        | <i>Caenis</i>      | <i>rivulorum</i>            | - | - | - | - | - | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Diptera         | Chironomidae    | <i>Spaniotoma</i>  | -----                       | + | + | + | - | - | + |
| Arthropoda      | Insecta       | Diptera         | Chironomidae    | <i>Chironomus</i>  | <i>Chironomus</i>           | - | - | + | + | + | + |
| Arthropoda      | Insecta       | Ephemeroptera   | Ecdyonuriidae   | <i>Ecdyonurus</i>  | <i>venosus</i>              | + | + | - | - | - | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Diptera         | Llimoniidae     | <i>Dicrantota</i>  | -----                       | + | - | - | - | - | - |
| Mollusca        | Gastropoda    | prosobranchiata | Limnaeidae      | -----              | <i>peregra</i>              | - | - | - | - | - | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Trichoptera     | Hydropsychidae  | <i>Hydropsyche</i> | <i>inistablis</i>           | + | - | - | + | - | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Trichoptera     | Psychomiidae    | -----              | <i>lypephaeope</i>          | - | - | - | - | - | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Plecoptera      | Nemouridae      | <i>Nemorea</i>     | <i>protonemorea</i>         | + | - | + | - | - | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Diptera         | Ceratopogonidae | <i>Bezzia</i>      | -----                       | + | - | + | - | - | - |
| Mollusca        | Gastropoda    | prosobranchiata | Anchylidae      | -----              | <i>Anchylus fluviatilis</i> | - | - | - | - | - | - |
| Arthropoda      | Insecta       | trichoptera     | planariidae     | <i>Dugesia</i>     | <i>gonocephala</i>          | - | - | - | - | - | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Ephemeroptera   | Caenidae        | <i>Caenis</i>      | <i>rivulorum</i>            | - | - | - | - | - | - |
| Cnidaria        | Hydrozoa      | Hydrida         | Hydridae        | <i>Hydra</i>       | <i>chlorohydraviridis</i>   | - | - | - | - | - | - |

جدول ۹: تنوع درشت بی مهرگان کفزی شناسایی شده در ایستگاه‌های نمونه برداری رودخانه پردنان در فصل زمستان

| شاخه            | رده           | راسته           | خانواده         | جنس                | گونه                        | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ |
|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------------------|---|---|---|---|---|---|
| Platyhelminthes | Rhabditophora | Tricladida      | Planariidae     | <i>Polycelis</i>   | <i>nigra</i>                | + | + | - | + | + | - |
| Mollusca        | Gastropoda    | Prosobranchiata | Valvatidae      | <i>Valvata</i>     | <i>cristata</i>             | + | - | - | - | - | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Trichoptera     | Hydropsychidae  | <i>Hydropsyche</i> | <i>angostipennis</i>        | - | + | - | + | + | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Ephemeroptera   | -----           | <i>Epeorus</i>     | -----                       | + | + | + | - | - | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Ephemeroptera   | Ecdyonuriidae   | <i>Heptagenia</i>  | <i>sulphurea</i>            | - | - | - | + | + | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Ephemeroptera   | Caenidae        | <i>Caenis</i>      | <i>rivulorum</i>            | - | - | - | - | - | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Diptera         | Chironomidae    | <i>Spaniotoma</i>  | -----                       | - | + | - | - | - | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Diptera         | Chironomidae    | <i>Chironomus</i>  | <i>Chironomus</i>           | - | - | - | - | - | + |
| Arthropoda      | Insecta       | Ephemeroptera   | Ecdyonuriidae   | <i>Ecdyonurus</i>  | <i>venosus</i>              | + | + | + | - | - | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Diptera         | Llimoniidae     | <i>Dicrantota</i>  | -----                       | + | + | - | - | - | - |
| Mollusca        | Gastropoda    | prosobranchiata | Limnaeidae      | -----              | <i>peregra</i>              | - | - | - | - | - | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Trichoptera     | Hydropsychidae  | <i>Hydropsyche</i> | <i>inistablis</i>           | - | - | + | - | + | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Trichoptera     | Psychomiidae    | -----              | <i>lypephaeope</i>          | - | - | - | - | - | + |
| Arthropoda      | Insecta       | Plecoptera      | Nemouridae      | <i>Nemorea</i>     | <i>protonemorea</i>         | - | - | - | - | - | + |
| Arthropoda      | Insecta       | Diptera         | Ceratopogonidae | <i>Bezzia</i>      | -----                       | - | - | - | - | - | + |
| Mollusca        | Gastropoda    | prosobranchiata | Anchylidae      | -----              | <i>Anchylus fluviatilis</i> | + | - | - | - | + | - |
| Arthropoda      | Insecta       | trichoptera     | planariidae     | <i>Dugesia</i>     | <i>gonocephala</i>          | - | - | + | - | - | - |
| Arthropoda      | Insecta       | Ephemeroptera   | Caenidae        | <i>Caenis</i>      | <i>rivulorum</i>            | - | - | - | + | - | - |
| Cnidaria        | Hydrozoa      | Hydrida         | Hydridae        | <i>Hydra</i>       | <i>chlorohydraviridis</i>   | - | - | - | - | - | - |



شکل ۲: درصد فراوانی درشت بی مهرگان کفزی شاخص رودخانه پردانان در ایستگاه‌های مختلف



شکل ۳: درصد فراوانی درشت بی مهرگان کفزی شاخص رودخانه پردانان در فصول مختلف سال

جدول ۱۰: شاخص هیلسنهوف برای ایستگاه‌های مورد بررسی در فصول مختلف سال ۱۳۹۴

| شاخص هیلسنهوف |      | فصل     |       |        |      | میانگین سال |
|---------------|------|---------|-------|--------|------|-------------|
| ایستگاه       | بهار | تابستان | پاییز | زمستان | سال  |             |
| ۱             | ۱/۷۶ | ۲/۲     | ۲/۱۹  | ۱/۲۶   | ۱/۸۵ |             |
| ۲             | ۱/۹۶ | ۲/۶۱    | ۲/۵   | ۲/۶۹   | ۲/۴۴ |             |
| ۳             | -    | ۲/۲۴    | ۲/۴۷  | ۱/۶۹   | ۲/۱  |             |
| ۴             | ۱/۶۳ | ۱/۴۶    | ۱/۸۸  | ۲      | ۱/۷۴ |             |
| ۵             | ۲    | -       | ۲     | ۱/۸۱   | ۱/۹۴ |             |
| ۶             | ۱/۶۱ | -       | ۱/۸۸  | ۱/۹۸   | ۱/۸۲ |             |
| کل ایستگاه    | ۱/۷۹ | ۲/۱۳    | ۲/۱۵  | ۱/۹۱   | ۱/۹۹ |             |

## بحث

امروزه آلودگی آب ناشی از فاضلاب مزارع پرورشی یک نگرانی جهانی است (Boyd, 2003). مزارع ماهی ممکن است انواع مختلفی از اثرات زیست محیطی بر روی هیدرولوژی رودخانه داشته و یا گونه-های غیر بومی را به طبیعت معرفی کنند (Read et al., 2001). pH پایین موجب کاهش غنای گونه‌ای، مرگ و آسیب به گونه‌های حساس (نرمتنان، سخت پوستان، افمروپترا)، افزایش اجسام شناور بلافاصله بعد از اسیدی شدن، کاهش خروج مواد، کاهش طولانی مدت فراوانی و شناوری، کاهش رشد افمروپترا می‌شود (Likens, 2009). کاهش دمای آب منجر به غنای بیشتر کل گونه‌ها می‌شود و موجب غنای راسته‌های افمروپترا، پلیکوپترا و تریکوپترا می‌شود. تغییرات دمای آب در رودخانه پیردانان، نشان دهنده تاثیر مثبت دما بر تراکم بزرگ بی مهرگان کفزی است. درجه حرارت عامل مهمی در تکامل، توزیع و بروز ویژگی‌های اکولوژیک موجودات زنده رودخانه‌ها در دراز مدت محسوب می‌شود. دمای پایین باعث کاهش متابولیسم، طولانی شدن چرخه زیست، کاهش حرکت و در نهایت کاهش فراوانی و تراکم موجودات می‌شود (Homewood et al., 2004). تغییرات دما در فصول مختلف تفاوت زیادی داشته ولی در هر فصل، ایستگاه-ها دماهایی نزدیک به هم داشتند. از طرفی اثر افزایش جریان و حجم آب در ماه‌های سرد سال مزید بر علت خواهد بود. در حالی که افزایش دمای آب در محدوده قابل تحمل تا رسیدن به دمای بهینه از طریق بهبود شرایط زیست باعث افزایش فراوانی بی مهرگان کفزی می‌شود (پذیرا و همکاران، ۱۳۸۷). افزایش قابل توجه دمای آب رودخانه در امتداد جریان آب با توجه به

محدود بودن منطقه مورد مطالعه می‌تواند ناشی از افزایش دمای پساب خروجی مزارع پرورش ماهی قزل آلا باشد که با مطالعات عظیمی و همکاران نیز هم خوانی دارد (عظیمی و همکاران، ۱۳۹۴). عواملی از جمله گرمای دفع شده ناشی از متابولیسم، تماس آب با بستر و دیواره‌های سیمانی استخرها، وجود مواد معلق ناشی از غذای خورده نشده و مواد دفعی ماهیان از جمله عواملی است که می‌تواند باعث جذب بیشتر نور خورشید و افزایش دمای پساب خروجی از مزارع شده باشد (Gowen et al., 1991; Guilpart et al., 2012). در این مطالعه مقادیر pH آب اختلاف معنی‌داری را بین ایستگاه‌ها نشان نداد. اگر چه پساب مزارع پرورش ماهی به طور معمول به دلیل تنفس آبزیان پرورشی، تجزیه مواد دفعی و بقایای مواد غذایی دارای pH اسیدی می‌باشد. اما به نظر می‌رسد در تحقیق حاضر کیفیت مناسب آب رودخانه، قرار داشتن pH آب در دامنه قلیایی (۷-۷/۹) و خاصیت بافری آن مانع از ایجاد تغییرات قابل توجه در pH آب رودخانه در محدوده مورد مطالعه شده است. این واقعیت می‌تواند نشان دهنده ظرفیت رودخانه برای دریافت پساب‌های مزارع موجود در شرایط این تحقیق باشد (Fries and Bowles, 2002). بررسی‌های انجام شده در آب‌های داخلی ایالات متحده نشان داده‌است که آب‌هایی با قابلیت هدایت الکتریکی ۵۰۰-۱۰۰ میکروموس در سانتی‌متر دارای ارزش شیلاتی می‌باشند و خارج از این حدود نشانگر نامناسب بودن آنها برای گروه‌های خاص ماهیان و بی مهرگان است (Kenney et al., 2009). پساب مزارع پرورش ماهی در منطقه مورد مطالعه تغییرات شدیدی را بر میزان EC آب رودخانه تحمیل نکرده به طوری که تغییرات EC در حد قابل قبول در اکوسیستم رودخانه

بوده است. در مطالعه حاضر TDS در فصل تابستان بیشتر از فصل بهار بوده است که می توان به افزایش بیومس مزارع پرورش ماهی در فصل تابستان اشاره کرد. مزرعه در ابتدای بهار با بچه ماهیان قزل آلائی رنگین کمان ماهی دار می شود و در تابستان باتوجه به شرایط مناسب دما سرعت رشد ماهیان بیشتر بوده و لذا مقدار غذای مصرف شده و در نتیجه ضایعات غذایی، مدفوع ماهیان و به دنبال آن شستشوی استخرها بیشتر شده و میزان TDS افزایش می یابد. مطالعات مشابه نیز نقش مزارع پرورش ماهی بر افزایش میزان TDS آب های دریافت کننده پساب این مزارع را تایید می کنند. میزان تولید و نوع فعالیت های روزانه در مزارع از جمله شستشوی استخرها و رقم بندی ماهیان تأثیر زیادی بر میزان TDS پساب خروجی دارد (Maillard *et al.*, 2005). به طور کلی پساب خروجی مزارع، افزایش غذا دهی، افزایش خروج مواد آلی شامل غذای خورده نشده و مدفوع ماهی ها را به همراه داشته که منجر به به افزایش BOD5 است. نتایج حاصل از سایر مطالعات نیز یافته حاضر را تایید می کند (Maillard *et al.*, 2005). میر رسولی و همکاران (۱۳۹۰) با ارزیابی زیستی رودخانه زرین گل استان گلستان بیان کردند که در ایستگاه های نمونه برداری پایین دست مزارع پرورش ماهی، درصد فراوانی گروه های مقاوم به آلودگی افزایش و گروه های حساس به آلودگی کاهش یافتند. نادری جلودار و همکاران در سال ۱۳۹۰ با مطالعه پاسخ بزرگ بی مهرگان کفزی رودخانه هراز به پساب مزارع قزل آلائی رنگین کمان و توان خودپالایی رودخانه هراز با استفاده از شاخص زیستی هیلسینهوف نشان دادند که ایستگاه های بلافاصله بعد از هر مزرعه نسبت به ایستگاه های قبل از آن کیفیت بسیار نامطلوبی داشت. همچنین میزان اثر

بخشی پساب مزارع بر شاخص های مورد بررسی در فصول گرم سال بیشتر از سایر فصول بود (نادری جلودار و همکاران، ۱۳۹۰). Guilpart و همکاران در سال ۲۰۱۲ برای سنجش اثر اکولوژیک پساب مزارع پرورش ماهی در رودخانه ها در کشور فرانسه، از شاخص های جمعیتی بی مهرگان کفزی و ویژگی های کیفی آب استفاده کردند، و بیان کردند که فراوانی کل بی مهرگان کفزی بطور ثابت بلافاصله در پایین دست محل تخلیه پساب مزارع افزایش داشته و با میزان تولید ماهی در مزارع، همبستگی مثبت داشت. آنها نشان دادند که نسبت فراوانی گونه های مقاوم به آلودگی (Oligocheta, Chironomidae) در پایین دست مزرعه افزایش و در مقابل نسبت غنای (Ephemeroptera, Tricoptera, Pelecoptera) که بیانگر گونه های حساس به آلودگی هستند کاهش یافته بود (Guilpart *et al.*, 2012). به طور کلی پساب مزارع پرورش ماهی باعث افزایش فراوانی و تعداد تاکسون های مقاوم به آلودگی می شود. افزایش غیر عادی شیره نومیده در ایستگاه ۲ بویژه در تابستان و سایر گونه های مقاوم به آلودگی نسبت به موجودات حساس، نشان دهنده ی بروز تنش های محیطی و اثر پساب مزرعه پرورش ماهی قزل آلائی رنگین کمان در ایستگاه ۲ است (Barbour *et al.*, 1999). برآورد شاخص زیستی هیلسینهوف نشان داد که مقدار این شاخص در ایستگاه بعد از مزارع پرورش ماهی افزایش داشته است که حاکی از تجمع مواد آلی حاصل از مزارع پرورش ماهی و کاهش کیفیت زیستی بستر رودخانه در این ایستگاه است. ایستگاه یک به دلیل قرار نداشتن در شرایط تنش زای محیطی و ایستگاه ۴ به دلیل فاصله گرفتن از مزارع پرورش ماهی از مقادیر کمتر این شاخص

برخوردار بودند. این واقعیت نشان دهنده کیفیت مناسب آب در ایستگاه یک و انجام عمل خود پالایی در حد مناسب در ایستگاه ۴ و ۵ پس از طی مسافت حدود دو کیلومتر از آخرین مزرعه پرورش ماهی است. همچنین نشان دهنده توانایی مناسب رودخانه در انجام فرایند خود پالایی می باشد. بهبود شرایط زیست در ایستگاه پنج که در فاصله دو کیلومتری از محل تخلیه پساب مزرعه پرورش ماهی قرار دارد، نشان می دهد که در صورت کنترل پساب و رعایت فاصله مناسب بین مزارع پرورش ماهی، بستر رودخانه قابلیت اصلاح و پالایش آلاینده های وارد شده را در حد محدوده خواهد داشت. نتایج حاصل از تحقیقات نادری جلودار و همکاران (۱۳۹۰) و قانع و همکاران (۱۳۸۵) موید یافته های این تحقیق می باشد. مسگران کریمی و همکاران در سال ۱۳۹۱ تنوع و فراوانی بزرگ بی مهرگان کفزی رودخانه دوهزار تنکابن را با استفاده از شاخص های زیستی بررسی کردند و بیان کردند فاکتورهای دما،  $BOD_5$  و pH در ایستگاه های مختلف تغییرات معنی داری نشان دادند. ولی تغییرات در اکسیژن محلول معنی دار نبود. همچنین با ورود آلودگی های مختلف شامل پساب مزارع پرورش ماهی، برداشت شن و ماسه نسبت به ایستگاه های بالادست رودخانه، تنوع و فراوانی خانواده های بزرگ بی مهرگان حساس به آلودگی کاهش و خانواده های مقاوم به آلودگی افزایش یافت (مسگران کریمی و همکاران، ۱۳۹۱). مقایسه درصد فراوانی راسته های درشت بی مهرگان کفزی شاخص در ایستگاه های مختلف نشان می دهد که راسته Ephemeroptera در ایستگاه ۴ نسبت به دیگر ایستگاه ها بیشترین درصد فراوانی را دارد. درحالی که راسته Diptera در ایستگاه ۲ (خروجی مزرعه قزل آلائی

رنگین کمان) نسبت به دیگر ایستگاه ها بیشترین درصد فراوانی را دارد. از طرفی راسته های Ephemeroptera و Trichoptera در تمام ایستگاه ها مشاهده می شوند. درحالی که راسته Plecoptera فقط در ایستگاه های ۱، ۳ و ۶ با درصد فراوانی ناچیز مشاهده می شود. نتایج نشان داد که درشت بی مهرگان آبرزی مربوط به راسته Diptera بیشتر از خانواده Chironomidae می باشند، همچنین ایستگاه ۲ (خروجی مزرعه پرورش مزرعه قزل آلائی رنگین کمان) آلوده ترین ایستگاه و ایستگاه-های ۵ و ۶ شرایط مناسب تری از لحاظ بی مهرگان کفزی در مقایسه با ایستگاه ۲ دارند. نتایج درصد فراوانی راسته های درشت بی مهرگان آبرزی شاخص در فصول مختلف سال نشان می دهد که در فصل بهار راسته Trichoptera (۴۳/۹ درصد) و در فصل پاییز راسته Diptera (۴۶/۳ درصد) بیشترین درصد فراوانی را داشتند. راسته های Ephemeroptera و Trichoptera در تمام فصول مشاهده شدند. درحالی که راسته Plecoptera در فصل پاییز و زمستان مشاهده شد. راسته Diptera یکی از متنوع ترین و بزرگ ترین راسته از رده حشرات آبرزی می باشد. جنس هایی از این راسته در تمام ایستگاه های نمونه برداری شده شناسایی شدند. تنوع و فراوانی بالای گونه های حساس به آلودگی آلی (Ephemeroptera و Trichoptera) در ایستگاه های ۱ (ورودی مزرعه) و ۱۴۰۰ متر بعد از خروجی مزرع سردآبی و عدم وجود آنها در ایستگاه ۲ (خروجی مزرعه) نشانگر بهبود نسبی کیفیت آب رودخانه در ایستگاه ۴ می باشد. همچنین راسته Trichoptera جنس Hydropsyche در تمام ایستگاه ها مشاهده شد که می تواند نشانگر وجود مواد غذایی (مواد آلی ذره ای) قابل دسترس باشد. در نتیجه، با اینکه آب رودخانه پردانان بر

۴. حاتمی، ر.، محبوبی صوفیانی، ن.، ابراهیمی، ع.، همای، م. ر.، ۱۳۹۰. ارزیابی اثر پساب آبزی پروری بر جوامع ماکروبتوز و کیفیت آب رودخانه زاینده رود با استفاده از شاخص BMWP، محیط شناسی، ۳۷(۵۹)، ۴۳-۵۴.

۵. خوش اخلاق، م.، کامرانی، ا.، ابراهیمی درچه، ع.، سوری نژاد، ا.، ۱۳۹۴. اثر پساب مزارع پرورش ماهی قزل آلا بر بزرگ بی مهرگان کفزی رودخانه ماربر سمیرم. مجله بوم شناسی آبزیان، ۵(۱)، ۱۱۲-۱۰۳.

۶. ذریه زهرا، ج.، ۱۳۹۵. بررسی وضعیت بهداشتی مراکز تکثیر و پرورش ماهیان سردآبی کشور، گزارش نهایی، ۴۶۶۸۴. موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، ۲۴۳ ص.

۷. عظیمی، آ.، امیر نژاد، ر.، نصراله زاده ساروی، ح.، سلیمانی رودی، ع.، ۱۳۹۴. طبقه بندی کیفی آب رودخانه زارمرو (ساری، مازندران) با استفاده از شاخص زیستی هیلسینهوف. اکویولوژی تالاب، ۷(۲۳۹)، ۳۹-۴۸.

۸. قانع، ا.، احمدی، م. ر.، اسماعیلی، ا.، میرزاجانی، ع.، ۱۳۸۵. ارزیابی زیستی رودخانه چافرود (استان گیلان) با استفاده از ساختار جمعیت ماکروبتوز. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۰(۱)، ۲۴۷-۲۵۸.

۹. کمالی، م.، اسماعیلی ساری، ع.، ۱۳۸۸. ارزیابی زیستی رودخانه لاسم با استفاده از ساختار جمعیت بزرگ بی مهرگان کفزی. مجله علوم زیستی، ۳(۱)، ۵۱-۶۱.

۱۰. مسگران کریمی، ج.، آذری تاکامی، ق.، خارا، ح. عباسپور، ر. ا.، ۱۳۹۱. تعیین تنوع و فراوانی بزرگ

اساس شاخص زیستی هیلسینهوف دارای کیفیت آب عالی است ولی بر اساس تنوع و فراوانی درشت بی-مهرگان کفزی خروجی مزرعه پرورش قزل آلا (ایستگاه ۲) آلوده ترین ایستگاه بوده و بهبود کیفیت آب در ۱۴۰۰ متر بعد از خروجی مزرع سردآبی (ایستگاه ۴) رخ داده است.

نتایج نشان داد که کیفیت آب رودخانه پردانان مناسب بوده و بیان کننده عدم وجود آلودگی آلی بود. در نتیجه، بهبود این شاخص در فاصله ۱۴۰۰ متری از محل خروجی می تواند ناشی از ظرفیت خودپالایی آن باشد که منجر به رقیق سازی پساب شده است.

#### سپاسگزاری

در اینجا بر خود لازم میدانیم که از زحمات تمام کسانی که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند سپاسگزاری نمایم.

#### منابع

۱. اسماعیلی ساری، ع.، ۱۳۸۱. آلاینده ها، بهداشت و استانداردهای محیط زیست، چاپ دوم. انتشارات نقش مهر. ۲۹۹ ص.

۲. بیاتی، م.، پاتیمار، ر.، ابراهیمی، ع.، فرهنگی، م.، فروهر و اجارگاه، م.، ۱۳۹۴. اثر پساب مزارع تکثیر و پرورش قزل آلا ی رنگین کمان بر جوامع بزرگ بی مهرگان کفزی رودخانه ماربر استان اصفهان در ماه های کم آبی. زیست شناسی جانوری تجربی، ۳(۴)، ۶۷-۷۸.

۳. پذیرا، ع.، امامی، س. م.، کوه گردی، ا.، وطن دوست، ص.، اکرمی، ر.، ۱۳۸۷. اثر برخی عوامل محیطی بر تنوع زیستی ماکروبتوزهای رودخانه دالکی و حله بوشهر. مجله شیلات ایران، ۲(۴)، ۶۵-۷۰.

- aquaculture waste. University of Gulf, Ontario, Canada. 187-205 pp.
19. Guilpart, A., Roussel, J.M., Aubin, J., Caquet, T., Marle, M., Le Bris, H., 2012. The use of benthic invertebrate community and water quality analyses to assess ecological consequences of fish farm effluents in rivers. *Ecological Indicators*, 23, 356-365.
  20. Hilsenhoff, W.L., 1988. Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index. *Journal of the North American Benthological Society*, 7(1). 65-68.
  21. Homewood, J.M., Purdie, D.A., Shaw, P.J., 2004. Influence of sewage inputs and fish farm effluents on dissolved nitrogen species in a Chalk River. *Water, Air, and Soil Pollution*, 4, 117-125.
  22. Kenney, M.A., Sutton-Grier, A.E., Smith, R.F., Gresens, S.E., 2009. Benthic macro-invertebrates as indicator of water quality: The intersection of science and policy. *Journal of Terrestrial Arthropod*, 2, 99-128.
  23. Kerans, B.L., Karr, J.R., 1994. A benthic index of biotic integrity (B-IBI) for rivers of the Tennessee Valley. *Ecological Applications*, 4, 768-785.
  24. Lenat, D.R., 1988. Water quality assessment of streams using a qualitative collection method for benthic macroinvertebrates. *Journal of North American Benthological Society*, 7(3), 222-233.
  25. Maillard, V.M., Boardman, G.D., Nyland, J.E., Kuhn, D.D., 2005. Water quality and sludge at raceway-system trout farms. *Aquaculture Engineering*, 33, 271-284.
  26. Read, P.A., Fernandes, T.F., T.F., Miller, K.L., 2001. The derivation of scientific guidelines for best environmental practice for the monitoring and regulation of marine aquaculture in Europe. *Journal of Applied Ichthyology*, 17, 146-152.
- بی مهرگان کفزی رودخانه دوهزار تنکابن با استفاده از شاخص های زیستی، مجله آبریان و شیلات، ۳(۱۱)، ۲۷-۳۹.
۱۱. میررسولی، ا.، قربانی، ر.، عباسی، ف.، ۱۳۹۰. ارزیابی زیستی رودخانه زرین گل (استان گلستان) با استفاده از ساختار جمعیت ماکروبتوزها. *شیلات (منابع طبیعی ایران)*، ۶۴(۴)، ۳۶۹-۳۵۷.
۱۲. نادری جلودار، م.، عبدلی، ا.، میرزاخانی، م.ک.، شریفی جلودار، ر.، ۱۳۹۰. پاسخ بزرگ بی مهرگان کفزی رودخانه هراز به پساب مزارع قزل آلائی رنگین کمان. *مجله منابع طبیعی ایران*، ۶۴(۲)، ۱۷۶-۱۶۳.
13. Ahmadi, R., Mohebbi, F., Hagigi, P., Esmailly, L. and Salmanzadeh, R., 2011. Macro-invertebrates in the Wetlands of the Zarrineh estuary at the south of Urmia Lake (Iran). *International. Journal of Environmental Research*, 5(4), 1047- 1052.
  14. Barbour, M.T., Plafkin, J.L., Bardley, B.P., Graves, C.G., Wissemann, R.W., 1999. Rapid bio assessment protocols for use in streams and wadeable river: peryphyton, benthic invertebrates and fish. 2<sup>nd</sup> edition. EPA, Washington D.C. 408 p.
  15. Boyd, C.E., 2003. Guidelines for aquaculture effluent management at farm level. *Aquaculture*, 226, 101-112.
  16. Camargo, J.A., Gonzalo, C., Alonso, A. 2011. Assessing trout farm pollution by biological metrics and indices based on aquatic macrophytes and benthic macro invertebrates: a case study. *Ecology Indicators*, 11, 911-917.
  17. Fries, L.T., Bowles, D.E., 2002. Water quality and macro-invertebrate community structure associated with a sport fish hatchery outfall, North American. *Journal of Aquaculture*, 64, 257-266.
  18. Gowen, R.J., Weston, D.P., Emirk, A., 1991. Aquaculture and the benthic environment. First international symposium on nutritional strategies and