نشریه فن‌آوری‌های نوین در توسعه آبزی‌پروری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد آزادشهر/ ISSN: 2008-0026 سال یازدهم، شماره اول، بهار ۹۶ / صفحات: ۶۰-۵۱

اثرات کارگاه پرورش ماهی سردآبی قزل‌کاج بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آب رودخانه هراز

*سپیده سرخوش[۱]، رحمان پاتیمار[۲] و حجت‌الله جعفریان[۲]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد بوم‌شناسی آبزیان، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران،

[۲]دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/٤/۱۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۸/٤

چکیده

رودخانه هراز از مهم‌ترین رودخانه‌های حوزه جنوبی دریای خزر به لحاظ وجود گونه‌های با ارزش بوم‌شناختی بالا به‌شمار می‌آید. به همین منظور ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب این رودخانه مورد بررسی قرار گرفت و اثر پساب مزرعه پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان قزل‌کاج بر روی کیفیت آب رودخانه هراز ارزیابی گردید. نمونه‌برداری در طول یک سال و به‌صورت فصلی از زمستان ۱۳۹۲ تا پاییز ۱۳۹۳ انجام شد. در مجموع ٤ ایستگاه از قبل تا بعد از مزرعه پرورش ماهی تعیین شد. نتایج حاصل از آنالیز پارامترهای کیفی آب نشان داد که در ایستگاه ۳ (خروجی پساب مزرعه) میزان فاکتورهای سولفات، فسفات، نیتریت، نیترات، سختی‌کل، دما و pH افزایش و میزان اکسیژن کاهش یافت که این امر بیانگر آلودگی بالای این ایستگاه داشت. مقایسه بار آلودگی بین ایستگاه‌های مورد بررسی نشان داد که ایستگاه ٤ که بلافاصله بعد از خروجی مزرعه قرار داشت از آلودگی بیش‌تری نسبت به ایستگاه‌های بالادست برخوردار بود و با فاصله گرفتن از مزرعه، از درجه آلودگی آب کم می‌شد. نتایج این پژوهش نشان داد؛ ایستگاهی که بلافاصله بعد از مزرعه قرار دارد، آلودگی بیش‌تری نسبت به ایستگاه‌های قبلی دارد و با افزایش فاصله از مزرعه، رودخانه دارای روند خودپالایی شده و درجه آلودگی آب کاهش می‌یابد و در نهایت در طبقه با کیفیت بالاتر قرار می‌گیرند.

واژه‌های کلیدی: آلودگی‌های آبی، پساب مزارع پرورش ماهی، خودپالایی، مدیریت منابع آبی

مقدمه

رودخانه‌ها که همواره یکی از منابع عمده آب مصرفی بشر بوده‌اند، سهم اندکی از مجموع آب روی کره زمین دارند. آب‌های جاری بوم‌سازگان‌هایی بسیار پویا، حاصلخیز و از نظر زیست‌شناسی و شیلاتی دارای اهمیت هستند اما انسان‌ها علی‌رغم استفاده‌های گوناگون از آب رودخانه‌ها، به‌علت توسعه جوامع بشری و گسترش صنایع همواره از منابع مهم آلودگی و تخریب رودخانه‌ها بوده است (Rosenberg و Resh، ۱۹۹۳).

در سراسر جهان، آلودگی آب‌های سطحی به‌وسیله آلاینده‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی به‌عنوان یک معضل همه‌گیر وجود دارد و می‌تواند بر بسیاری از فعالیت‌های انسان تأثیر زیان‌بار و چشمگیر بر جای بگذارد (Noori و همکاران، ۲۰۰۹). عوامل مختلفی بر سلامت بدنه آبی مؤثر است، به‌نحوی‌که کیفیت آب در هر نقطه از یک رودخانه، بیان‌کننده تأثیرات عمده پوشش زمین و کاربری‌های موجود، شرایط آب و هوایی، نزولات جوی، تراکم جمعیت، تراکم دام، سنگ‌شناسی و خاک‌شناسی حوزه است (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۲). گفتنی است که انتقال آلاینده‌های حاصل از پساب‌های شهری و صنعتی و نیز رواناب

* نویسنده مسئول: ssarkhosh8@gmail.com

کشاورزی، سهم بزرگی در کاهش کیفیت آب دارد (Shrestha و Kazama، ۲۰۰۷). بنابراین، پایش کیفیت آب رودخانه‌ها به‌دلیل تأثیرات مستقیم بر سلامت عمومی و پایداری اکوسیستم‌های آبی و سایر اکوسیستم‌های وابسته به آن، دارای اهمیت چشمگیری است (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۲).

بررسی کیفیت آب یک رودخانه می‌تواند اولین و یا شاید مهم‌ترین گام در اعمال یک مدیریت صحیح کیفی به‌منظور رفع مشکل آلودگی آن باشد، چرا که دیدگاه فرد را نسبت به روند و چگونگی تغییرات آلودگی در هر زمان و مکان و شرایط خاص روشن می‌نماید (عباسپور، ۱۳۷۷). اطلاع از وضعیت کیفی آب‌های سطحی این امکان را فراهم می‌سازد تا ضمن استفاده از آن در موارد مختلف، شیوه‌هایی اتخاذ شود تا کم‌ترین آسیب به این منبع وارد شود. تکنیک‌های مختلفی برای سنجش کیفیت آب‌های سطحی در جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد (شیخ‌ستانی، ۱۳۸۰) که بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب‌ها از مهم‌ترین این تکنیک‌ها به‌شمار می‌رود.

تاکنون مطالعات معدودی در خصوص ارزیابی کیفی آب رودخانه‌ها با استفاده از پایش ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی صورت گرفته است. در ایران می‌توان به مطالعه جانبازی و گرجیان‌عربی (۱۳۹۲) در رودخانه کسلیان سوادکوه و همچنین مطالعه عباس‌پور و همکاران (۱۳۹۲) در تعیین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه خراسان و بررسی روند تغییرات سالیانه آن اشاره نمود. از سوی دیگر در خارج از کشور هم مطالعاتی در این زمینه صورت گرفته که از آن جمله می‌توان به مطالعه Mobin و همکاران (۲۰۱٤) در رودخانه توراگ بنگلادش و نیز پژوهش Khalik و همکاران (۲۰۱۳) بر روی کیفیت آب از طریق ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی در رودخانه برتام مالزی اشاره کرد.

رودخانه هراز یکی از مهم‌ترین رودخانه حوزه جنوبی دریای خزر و از رودخانه‌های حفاظت‌شده سازمان حفاظت محیط‌زیست می‌باشد که بسیاری از گونه‌های ماهیان بومی در آن ساکن بوده و تعدادی از گونه‌های مهم اقتصادی برای تخم‌ریزی به این رودخانه مهاجرت می‌کنند. رودخانه هراز از دامنه البرز واقع در منطقه لاریجان سرچشمه می‌گیرد، پس از طی کناره‌های جاده و دره هراز در مسیری به طول تقریبی یکصد کیلومتر از وسط شهر آمل عبور می‌کند و به دریای خزر سرازیر می‌شود. شیب رودخانه هراز در محدوده کوهستانی بسیار متغیر است و از مرز کوهستان تا شمال شهر آمل ۱۳ در هزار و در محدوده شهر آمل ۷ در هزار می‌باشد (رحمانی، ۲۰۰٦).

بدین‌ترتیب، از یک‌سو با توجه به اهمیت رودخانه هراز چه از نظر زیست‌محیطی و چه از نظر نقشی که در اقتصاد محلی و ملی دارد و از سوی دیگر اهمیت مبحث آلاینده‌های محیطی ناشی از مزارع پرورش ماهی فعال در حوضه رودخانه هراز، می‌توان با اندازه‌گیری برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب در نواحی مختلف رودخانه و مقایسه آن‌ها، اثرات پساب کارگاه تکثیر و پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر کیفیت آب رودخانه هراز را مشخص نمود و از این طریق توان کیفی آب رودخانه هراز مورد بررسی و تحلیل قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مسیر رودخانه هراز استان مازندران و در اطراف مزرعه پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان قزل‌کاج، با ظرفیت تولیدی ۵۰ تن، طول جغرافیایی (۳۵ درجه، ۵۲ دقیقه و ۱۳/٤ ثانیه) عرض جغرافیایی (۵۳ درجه، ۱۰ دقیقه و ۱۱/٤ ثانیه) و با ارتفاع متوسط ۱۹۷۵ متر از سطح دریا انجام گرفت.

در مجموع ٤ ایستگاه نمونه‌برداری در مسیری در حدود ۵۰۰ متر مشخص گردید، به‌نحوی‌که ایستگاه اول حدود ۳۵۰ متر بالاتر از کارگاه پرورش ماهی به‌عنوان ایستگاه شاهد، دومین ایستگاه در محل ورودی کارگاه، ایستگاه سوم در محل خروجی پساب کارگاه و چهارمین ایستگاه در فاصله کم‌تر از ۱۰۰ متر بعد از خروجی مزرعه تعیین شد. فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب در ایستگاه‌های موردنظر به‌صورت فصلی از زمستان ۱۳۹۲ تا پاییز ۱۳۹۳ اندازه‌گیری شد.

آنالیز ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی (قرص نیتریت، نیترات، سولفات، فسفات، دما، سختی کل، اکسیژن و pH) با روش فتومتری با استفاده از دستگاه فتومتر مدل Palintest 7000 انجام شد. دستگاه آنالیز آب قبل از شروع کار توسط آب مقطر کالیبره شده و سپس نمونه‌ها به‌وسیله قرص‌های معین آماده‌سازی و با تنظیم نور و کد فاکتور، توسط فتومتر ۷۰۰۰ آنالیز گردیدند.

تغییرات فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب در بین ایستگاه‌ها و در فصول مختلف سال به‌وسیله نرم‌افزار آماری SPSS, 19 و با استفاده از آنالیز واریانس یک‌طرفه ANOVA مورد بررسی آماری قرار گرفت. از آزمون دانکن برای سطح معنی‌دار بودن پارامترهای اندازه‌گیری‌شده در ایستگاه‌ها و تشخیص گروه‌های همگن استفاده گردید.

نتایج

نتایج حاصل از بررسی و تجزیه و تحلیل آماری پارامترهای مورد مطالعه آب رودخانه هراز در ایستگاه‌های موردنظر، در فصول مختلف در جداول و شکل‌های زیر ارائه شده است.

بررسی میزان اسیدیته (pH) آب رودخانه هراز در ایستگاه‌های مطالعاتی نشان داد که حداقل میزان متوسط pH در ایستگاه یک فصل پاییز و حداکثر آن در ایستگاه سه فصل تابستان مشاهده شد. همچنین مقایسه میانگین pH در فصول مختلف اختلاف معنی‌داری نشان نداد (P>۰/۰۵) (جدول ۱).

مطالعه تغییرات دمایی آب در ایستگاه‌های موردنظر در فصول مختلف نشان داد که حداقل میانگین درجه حرارت در ایستگاه‌های یک و ایستگاه دو فصل زمستان (۷/۳۰۰ درجه سانتی‌گراد) و حداکثر آن در فصل ایستگاه سه تابستان (۱۳/۰۳۳ درجه سانتی‌گراد) بود. میانگین این فاکتور تنها در فصل زمستان اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (ANOVA, P>۰/۰۵) (جدول ۱).

بررسی فاکتور سختی کل آب رودخانه هراز نشان داد که در فصل پاییز در ایستگاه یک (۱۸۸/۸۳ میلی‌گرم بر لیتر) دارای کم‌ترین میزان و در فصل زمستان در ایستگاه سه (۲٤٤/۱٦۷ میلی‌گرم بر لیتر) دارای بیش‌ترین میزان متوسط سختی کل بوده است. بررسی آماری این فاکتور نشان داد که در هر چهار فصل دارای اختلاف معنی‌داری بین ایستگاه‌ها بودند (P>۰/۰۵) (جدول ۱).

بررسی روند تغییرات فصلی میزان اکسیژن محلول در ایستگاه‌های موردنظر نشان داد که کم‌ترین میزان متوسط اکسیژن مربوط به ایستگاه یک فصل پاییز (۷/۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) و بیش‌ترین مقدار آن مربوط به ایستگاه ۳ فصل پاییز (۹/۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) و ایستگاه یک فصل زمستان (۹/۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) بود. فاکتور اکسیژن در هر چهار فصل اختلاف معنی‌داری در بین ایستگاه‌ها نشان داد (P>۰/۰۵) (جدول ۱).

جدول ۱- میزان متوسط فاکتورهای دما، pH، سختی کل و اکسیژن آب رودخانه هراز در ایستگاه‌های مورد مطالعه

ویژگی‌های فیزیکی	ایستگاه	زمستان ۱۳۹۲	بهار ۱۳۹۳	تابستان ۱۳۹۳	پاییز ۱۳۹۳
دما	۱	۷/۳۰۰±۰/۰۰۰^{a}	۱۱/۷۶۷±۰/۰۵۸^{d}	۱۲/۰۰۰±۰/۰۰۰^{c}	۱۰/۵۰۰±۰/۰۰۰^{c}
	۲	۷/۳۰۰±۰/۰۰۰^{a}	۱۲/۰۶۷±۰/۲۰۸^{c}	۱۲/۲۶۷±۰/۱۱۵^{cb}	۱۰/۴۹۰±۰/۰۱۷^{c}
	۳	۷/۳۱۷±۰/۰۲۹^{a}	۱۲/۸۶۷±۰/۰۵۸^{a}	۱۳/۰۳۳±۰/۰۵۸^{a}	۱۰/۸۰۰±۰/۰۱۰^{a}
	٤	۷/۳۶۷±۰/۰۵۸^{a}	۱۲/٤٦۷±۰/۱۱۵^{b}	۱۲/٤۳۳±۰/٤۰٤^{b}	۱۰/۵۹۰± ۰/۰۱۷^{b}
pH	۱	۷/۶۳۳±۰/۲۸۹^{a}	۷/٤۰۰±۰۰۰/۰^{b}	۸/٤۶۳±۰/۰۰۶^{b}	۷/۳۹۷±۰/۰۰۶^{c}
	۲	۷/۸٤۷±۰/۰۰۶^{a}	۷/٤۰۰±۰۰۰/۰^{b}	۸/٤۸۰±۰/۰۱۰^{b}	۷/۵۰۳±۰/۰۰۶^{a}
	۳	۷/۸۵۰±۰/۰۰۰^{a}	۷/۶۳۳±۰/۰۵۸^{a}	۸/۵۹۰±۰/۰۱۷^{a}	۷/۵۰۳±۰/۰۱۵^{a}
	٤	۷/۸٤۳±۰/۰۰۶^{a}	۷/۶۳۳±۰/۰۵۸^{a}	۸/٤۷۳±۰/۰۰۶^{b}	۷/٤۵۰± ۰/۰۵۰^{b}
سختی کل	۱	۲۳۵/۱۶۷±۰/۲۸۹^{c}	۱۹۷/۲۳۳±۰/۲۵۲^{d}	۲۰۰/۳۳۳±۰/۵۷۷^{c}	۱۸۸/۸۳۳±۰/۲۸۹^{b}
	۲	۲۳۷/۰۰۰±۰/۵۰۰^{b}	۲۳۷/۰۰۰±۰/۵۰۰^{a}	۲۰۱/۰۰۰±۱/۰۰۰^{c}	۱۸۸/۳۳۳± ۱/۵۲۸^{b}
	۳	۲٤٤/۱۶۷±۰/۲۸۹^{a}	۲۲۵/۰۰۰±۲/۰۰۰^{b}	۲۰۹/۰۰۰±۱/۰۰۰^{a}	۲۰۵/۰۰۰±۵/۰۰^{a}
	٤	۲٤٤/۰۰۰±۰/۰۰۰^{a}	۲۰۰/۳۳۳±۰/۵۷۷^{c}	۲۰۷/۳۳۳±۰/۵۷۷^{b}	۱۹۱/۶۶۷±۲/۸۸۷^{b}
اکسیژن	۱	۹/۰۰۰±۰/۰۰۰^{a}	۸/۱۰۰±۰/۰۰۰^{ab}	۸/۳٤۷±۰/۰٤۶^{a}	۷/۰۰۰±۰/۰۰۰^{d}
	۲	۹/۰۰۰±۰/۱۰۰^{a}	۸/۲۳۳±۰/۰۵۸^{a}	۸/٤۰۰±۰/۱۰۰^{a}	۸/٤۰۰±۰/۱۰۰^{c}
	۳	۸/۱۶۷±۰/۱۵۳^{b}	۷/۲۶۷±۰/۲۵۲^{c}	۷/۱۳۳±۰/۱۱۵^{b}	۹/۰۰۰±۰/۰۰۰^{a}
	٤	۸/۷۶۷±۰/۱۵۳^{a}	۷/۹۰۰±۰/۱۰۰^{b}	۷/۱۳۳±۰/۱۱۵^{b}	۷/۹۳۳±۰/۱۱۵^{b}

نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان نیتریت و نیترات آب رودخانه هراز در ایستگاه‌های مطالعاتی نشان داد که حداکثر میزان متوسط نیتریت و نیترات به‌ترتیب در فصل زمستان و در فصل پاییز در ایستگاه ۳ ثبت شد و حداقل مقدار متوسط این فاکتورها در فصل بهار در ایستگاه ۱ اندازه‌گیری شد. نیتریت در دو فصل زمستان و تابستان نسبت به سایر فصول تفاوت معنی‌داری را بین ایستگاه ها نشان نداد ($P>0/05$) (جدول ۲).

محاسبه میزان سولفات در فصول مختلف نشان داد که کم‌ترین مقدار متوسط فسفات مربوط به ایستگاه یک فصل بهار (۰/۰۱ میلی‌گرم بر لیتر) و بیش‌ترین مقدار متوسط آن مربوط به ایستگاه سه فصل زمستان (۰/۲۸۰ میلی‌گرم بر لیتر) بود. این فاکتور در هر ٤ فصل دارای اختلاف معنی‌داری بود ($P>0/05$) (جدول ۲).

اندازه‌گیری فاکتور سولفات در فصول مختلف نشان داد که این فاکتور در هر ٤ فصل دارای اختلاف معنی‌داری در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه بود (P>۰/۰۵). کم‌ترین میزان متوسط سولفات مربوط به ایستگاه ٤ فصل پاییز (٤۳/۳۳۳ میلی‌گرم بر لیتر) و بیش‌ترین میزان آن مربوط به ایستگاه ۳ فصل تابستان (۱۰۷/۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) بود (جدول ۲).

جدول ۲- میزان متوسط فاکتورهای نیتریت، نیترات، فسفات و سولفات آب رودخانه هراز در ایستگاه‌های مورد مطالعه

ویژگی‌های شیمیایی	ایستگاه	زمستان ۱۳۹۲	بهار ۱۳۹۳	تابستان ۱۳۹۳	پاییز ۱۳۹۳
نیتریت (ppm)	۱	۰/۹۰۰±۰/۰۰۰^{a}	۰/۰۵۰±۰/۰۰۰^{b}	۰/۱۲۷±۰/۰۲۳^{a}	۰/۸۰۰±۰/۰۰۰^{b}
	۲	۰/۹۰۰±۰/۰۰۰^{a}	۰/۰۵۲±۰/۰۰۳^{b}	۰/۱٤۱±۰/۰۰۱^{a}	۰/۸۱۳±۰/۰۲۳^{b}
	۳	۰/۹۲۳±۰/۰٤۰^{a}	۰/۰۸۱±۰/۰۰۲^{a}	۰/۱٤۹±۰/۰۰۱^{a}	۰/۸۹۳±۰/۰۱۲^{a}
	٤	۰/۹۲۰±۰/۰۳۵^{a}	۰/۰۷۹±۰/۰۰۱^{a}	۰/۱٤۵±۰/۰۰۱^{a}	۰/۸۲۳± ۰/۰٤۰^{b}
نیترات (ppm)	۱	۳/۱۹۳±۰/۰۱۲^{d}	۳/۰۳۳±۰/۰۵۸^{c}	۳/۲۳۳±۰/۱۱۵^{b}	۳/۱۰۰±۰/۱۰۰^{b}
	۲	۳/٤۱۰±۰/۰۳٦^{c}	۳/۲٦۷±۰/۱۱۵^{b}	۳/۲٦۷±۰/۱۱۵^{b}	۳/۱٦۷±۰/۰۵۸^{b}
	۳	۳/٦۳۳±۰/۰٤۹^{a}	۳/۷۲۳± ۰/۰۲۵^{a}	۳/۸۳۳±۰/۱۱۵^{a}	۳/۸۹۰± ۰/۰۱۷^{a}
	٤	۳/۵٤۷±۰/۰۰٦^{b}	۳/۷۲۳±۰/۰۲۵^{a}	۳/۷٤۷±۰/۰۵۰^{a}	۳/۲٦۷±۰/۳۰۵^{b}
فسفات (ppm)	۱	۰/۰۲۰±۰/۰۰۰^{c}	۰/۰۱۰±۰/۰۰۰^{b}	۰/۰٤۰±۰/۰۰۰^{c}	۰/۱۵۰± ۰/۰۰۰^{b}
	۲	۰/۱۵۰±۰/۱۱۳^{b}	۰/۱۲۰±۰/۰۰۵^{a}	۰/۰٤۱±۰/۰۰۱^{c}	۰/۱۵۳±۰/۰۰٦^{b}
	۳	۰/۲۸۰±۰/۰۰۵^{a}	۰/۱۵۵±۰/۰۰۵^{a}	۰/۰۹۳±۰/۰۰۵^{a}	۰/۱۷۳±۰/۰۰۳^{a}
	٤	۰/۲٦۷±۰/۰۰۳^{a}	۰/۱۰۵±۰/۰۷۸^{a}	۰/۰۸۷±۰/۰۰۱^{b}	۰/۱٤۷±۰/۰۰۳^{b}
سولفات (ppm)	۱	٦۹/۸۳۳±۰/۲۸۹^{b}	۹٦/۵۰۰±۰/۵۰۰^{d}	۱۰۰/٦٦۷±۱/۱۵۵^{b}	٤۷/٤۰۰±۰/۱۰۰^{c}
	۲	۷۰/۰۰۰±۰/۵۰^{b}	۹۸/۵۰۰±۰/۵۰۰^{c}	۱۰۵/٦٦۷±۱/۱۵۵^{a}	٤۸/۱۰۰±۰/۱۷۳^{b}
	۳	۷۳/۵۰۰±۳/۰٤۱^{a}	۱۰۱/۰۰۰±۱/۰۰۰^{b}	۱۰٦/۸۳۳±۰/۲۸۹^{a}	٤۹/٤۰۰±۰/۳٦۱^{a}
	٤	۷٤/٤۳۳±۰/٤۰٤^{a}	۱۰٦/۳۳۳±۰/۵۷۷^{a}	۱۰۷/۰۰۰±۰/۰۰۰^{a}	٤۳/۳۳۳±۰/٤۱٦^{d}

علاوه بر موارد فوق، بررسی روند تغییرات فاکتورهای موردنظر در ایستگاه‌های مختلف به تفکیک هر فصل نشان داد؛ در فصل زمستان فاکتورهای pH، دما، نیتریت، در چهار ایستگاه اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند (ANOVA, P>۰/۰۵) اما فاکتور اکسیژن از ایستگاه ورودی به ایستگاه خروجی (ایستگاه ۳) روند کاهشی و سایر فاکتورها روند افزایشی را نشان دادند (جدول‌های ۱ و ۲).

در فصل بهار فاکتورهای اندازه‌گیری شده اختلاف معنی‌داری بین ایستگاه‌ها نشان دادند (P<۰/۰۵). آلودگی در این فصل در ایستگاه خروجی پساب مزرعه پرورش ماهی (ایستگاه ۳) بیش‌تر از سایر ایستگاه‌ها بود که این امر باعث کاهش اکسیژن در این ایستگاه شد.

در فصل تابستان تنها فاکتور نیتریت اختلاف معنی‌داری را بین ایستگاه‌ها نشان نداد (P>۰/۰۵) و همچنین تمامی فاکتورها به غیر از اکسیژن از ایستگاه ورودی به ایستگاه خروجی روند افزایشی را به همراه داشتند که این امر نشان‌دهنده ورود حجم بالای پساب به ایستگاه ۳ است. در فصل پاییز علی‌رغم این‌که مسیر آلودگی از بالادست به پایین‌دست روند افزایشی داشت اما به‌علت زاویه تابش خورشید و ایجاد سایه در بالادست رودخانه به‌وسیله کوه‌های اطراف در زمان نمونه‌برداری و اندازه‌گیری فاکتورها، مقدار عددی اکسیژن در خروجی در فصل پاییز بیش‌ترین مقدار بوده است. با تکرار این عمل هم‌زمان با تغییر زاویه خورشید، روند تغییرات اکسیژن به‌طور طبیعی بوده و مقدار اندازه‌گیری‌شده در ایستگاه خروجی پساب (ایستگاه ۳) کاهش یافت (جدول ۱).

بحث

درجه حرارت آب یکی از مهم‌ترین متغیرهای فیزیکی است. در رودخانه هراز این متغیر از ایستگاه اول به طرف ایستگاه خروجی (ایستگاه ۳) افزایش یافته که بیش‌ترین مقدار آن در تابستان در ایستگاه ۳ (۱۳/۰۳۳) درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد که با نتایج جانبازی و گرجیان (۱۳۹۲) مطابقت داشت. مقادیر درجه حرارت آب در این رودخانه با بستر سنگلاخی بیانگر یک اقلیم خنک در تمام فصول می‌باشد و زیستگاه مناسبی برای گروه‌های کفزیان سرمادوست مانند راسته یک‌روزه‌ها و راسته بال‌موداران فراهم می‌آورد (Mccafferty، ۱۹۸۱).

به‌طورکلی میزان pH اگرچه دارای اختلاف معنی‌داری بین ایستگاه‌های مختلف بود اما این اختلاف بین ایستگاه‌ها در حدود استاندارد پرورش ماهی (۶/۵ تا ۹/۵) قرار داشت (Boyd و Gautier، ۲۰۰۰). باونتورا و همکاران (۱۹۹۷) بیان نمودند که میزان متوسط pH در پساب خروجی مزارع پرورشی در مقایسه با آب ورودی به‌صورت معنی‌داری کاهش یافته است که با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش مغایرت داشته است. بر خلاف نتایج پژوهش حاضر، در مطالعه واردی و همکاران (۲۰۱۰) از لحاظ pH اختلاف معنی‌دار آماری بین ایستگاه‌های مختلف در رودخانه هراز مشاهده نشد که می‌تواند به‌علت تفاوت در خصوصیات اکولوژیک مناطق مختلف مطالعاتی باشد.

بر اساس نتایج این پژوهش، میزان اکسیژن در ایستگاه‌های مختلف از مقدار بالایی (بین ۷ تا ۹) برخوردار بود. به‌علت زاویه تابش خورشید و ایجاد سایه در بالادست رودخانه توسط کوه‌های اطراف در زمان نمونه‌برداری و اندازه‌گیری فاکتورها، مقدار عددی اکسیژن در ایستگاه ۳ (خروجی) در فصل پاییز بیش‌ترین مقدار بوده است. با تکرار این عمل هم‌زمان با تغییر زاویه خورشید، روند تغییر اکسیژن به‌طور طبیعی بوده و مقدار اندازه‌گیری‌شده در ایستگاه خروجی کاهش یافت. در مطالعه واردی و همکاران (۲۰۱۰) غلظت اکسیژن در پساب مزارع

پرورش ماهی قزل‌آلا نسبت به آب ورودی مزارع پرورش ماهی کاهش یافته بود ولی این کاهش از لحاظ آماری دارای اختلاف معنی‌داری نبود. در رودخانه هراز غلظت نسبتاً بالای اکسیژن در همه نقاط و حتی در پایین‌دست مزارع پرورش ماهی احتمالاً به این علت است که رودخانه هراز دارای یک بستر سنگلاخی با شیب بالا است، که هوادهی را به‌صورت مکانیکی انجام می‌دهد. البته کاهش اکسیژن به‌دلیل وجود مزارع پرورش ماهی و تفرجگاه در بالادست منطقه مورد مطالعه اتفاق می‌افتد ولی موازنه اکسیژن به‌دلیل هوادهی به‌وسیله نیروی گرانشی منطقه، این کاهش را تقریباً جبران می‌نماید. نتایج مشابهی توسط Bergheim (۱۹۷۸) و Selmer-Olsen (۱۹۷۸) گزارش شده است.

کل ذرات محلول نوعی عامل کیفی در آب است که تغییرات بیش از اندازه آن نشانگر آلودگی‌های غیرنقطه‌ای یا غیرمتمرکز که با کاربری‌های متفاوت از زمین در ارتباط است. مقادیر سختی کل، فسفات و سولفات در هر چهار فصل اختلاف معنی‌داری را نشان داد این مقادیر از ایستگاه یک (ورودی) به ایستگاه سه (خروجی) افزایش یافته است. اثری که این عوامل می‌تواند داشته باشد به‌خصوص در آب‌هایی که مقدار بالایی از این فاکتورها را دارند موجب افزایش کدورت شده در نتیجه شفافیت کاهش می‌یابد و پیامدهای اکولوژیکی و تبعات بیولوژیکی خاص خود را (کاهش نفوذ نور و از بین بردن فون بنتیک و نیز مکان‌های تخم‌ریزی از طریق رسوب ذرات در زیستگاه‌های بنتیک) به همراه دارد. این نتایج با یافته‌های حاصل از پژوهش‌های جانبازی و گرجیان (۱۳۹۲) و سلیمانی‌ساردو و همکاران (۱۳۹۲) همخوانی داشت.

غلظت نیترات در آب‌های طبیعی سطحی کم‌تر از ۱ میلی‌گرم در لیتر گزارش شده است (McNeely و Neimanis، ۱۹۷۹). با این وجود میزان نیترات در تمام ایستگاه‌ها به‌خصوص ایستگاه‌های پایین‌دست، بالاتر از حد توصیه‌شده می‌باشد. همچنین میزان نیترات در پایین‌تر از سطح توصیه شده برای مزارع پرورش ماهی، یعنی پایین‌تر از ۱۶/۹ میلی‌گرم در لیتر برای نیترات بود (Schwartz و Boyd، ۱۹۹٤). در مطالعه باونتورا و همکاران (۱۹۹۷) میزان نیترات در ایستگاه ۳ (خروجی) هم افزایش نشان می‌دهد که این افزایش می‌تواند به‌دلیل عمل نیتریفیکاسیون باشد (نادری‌جلودار و همکاران، ۱۳۸۵). در مجموع افزایش نیترات در رودخانه هراز با توجه به‌میزان پساب مزرعه پرورش ماهی منطقی به‌نظر می‌رسد. همچنین در این مطالعه مشخص شد که مزارع پرورش ماهی باعث افزایش غلظت نیترات می‌شود و این موضوع مشابه مطالعات قبلی می‌باشد (Zivic و همکاران، ۲۰۰۹؛ Camargo و همکاران، ۲۰۱۱؛ Guilpart و همکاران، ۲۰۱۲). یکی از دلایلی که در حقیقت منجر به کاهش غلظت نیتریت و نیترات در بین ایستگاه‌های قبل از خروجی استخر شده است، فعالیت فتوسنتزی در کارگاه پرورش ماهی و همچنین در طول مسیر رودخانه توسط گیاهان آبزی می‌باشد (Kendra، ۱۹۹۱).

میزان نیتریت بعد از ایستگاه یک افزایش یافت و در ایستگاه سه یا خروجی در هر چهار فصل به اوج خود رسید. همچنین میزان آن در فصل زمستان در ایستگاه ۳ در بیش‌ترین میزان خود قرار داشت (جدول ۲). میزان توصیه‌شده برای غلظت نیتریت ۰/۸۳ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد (Schwartz و Boyd، ۱۹۹٤). میزان نیتریت در دو فصل زمستان و تابستان اختلاف

معنی‌داری را بین ایستگاه‌ها نشان نداد و در دو فصل بهار و پاییز ایستگاه‌های قبل خروجی تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. در مطالعه پولاتسو و همکاران (۲۰۰٤) بین ایستگاه قبل از مزارع پرورش ماهی و بعد از مزارع پرورش ماهی، از لحاظ میزان نیتریت اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. همچنین در مطالعه فدایی‌فرد و همکاران (۲۰۱۲) از لحاظ میزان نیتریت بین ایستگاه‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌دار وجود داشت. به هر حال افزایش غلظت نیتریت در رودخانه هراز در ایستگاه ۳ احتمالاً به‌دلیل حجم بالای پساب مزارع پرورش ماهی می‌باشد.

نتایج به‌دست آمده از این مطالعه نشان می‌دهد که هرچه از مناطق بالادست رودخانه مورد مطالعه، به‌سمت ایستگاه آخر پیش می‌رویم آلودگی آب بیش‌تر می‌شود. تخلیه فاضلاب‌های خانگی، صنعتی، فضولات حیوانی، زباله‌های شهری و روستایی، آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های کشاورزی از دلایل عمده کاهش کیفیت آب رودخانه در ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری به‌شمار می‌آیند. بنابراین جهت حفظ کیفیت منابع آبی برای نسل‌های آتی و همین‌طور حفظ گونه‌های مهم آبزی، اقدامات زیر پیشنهاد می‌گردد؛ اجرای قوانین و دستورالعمل‌های سخت‌گیرانه‌تر به‌منظور جلوگیری از تخلیه فاضلاب و زباله‌های شهری و روستایی، فضولات حیوانی دامداران روستاهای مجاور به داخل آب رودخانه، الزام کارخانجات صنعتی به احداث تصفیه‌خانه، آموزش و اطلاع‌رسانی به کشاورزان روستاهای اطراف حوضه رودخانه در مورد برداشت از آب رودخانه، مشخصات و میزان مناسب مصرف کودهای شیمیایی و در نهایت تنظیم واحدهای پایش و تهیه بانک اطلاعاتی کیفیت و کمیت آب رودخانه و بررسی روند تغییرات کیفیت آب در سال‌های مختلف برای اعمال سیاست‌های مناسب مدیریتی.

منابع

جانبازی، ا.، و گرجیان‌عربی، م.ح.، ۱۳۹۲. ارزیابی کیفیت آب رودخانه کسلیان سوادکوه بر اساس پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و هیدرولوژیک. فصلنامه علمی‌پژوهشی اکوبیولوژی تالاب. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. سال پنجم شماره ١٦، ص ٧٤-٦٣.

سلیمانی‌ساردو، م.، ولی، ع.، قضاوی، ر.، و سعیدی‌گراغانی، س.، ۱۳۹۲. آنالیز و روندیابی پارامترهای کیفیت شیمیایی آب، مطالعه موردی رودخانه چم انجیر خرم‌آباد. فصلنامه علمی‌پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، سال سوم، شماره دوازدهم. ص ١٠٦-٩٥.

شیخ‌ستانی، ن.، ۱۳۸۰. تبیین شاخص‌های کیفی آب‌های سطحی و کاربرد آن در ارزیابی آسیب‌پذیری کیفی و پهنه‌بندی رودخانه‌ها. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، رشته مهندسی محیط‌زیست. دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران.

عباس‌پور، م.، ۱۳۷۷. مهندسی محیط‌زیست. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی. ۵۳۰ صفحه.

عباس‌پور، م.، جاوید، الف.ح.، و حبیبی، الف.، ۱۳۹۲. تعیین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه خراسان و بررسی روند تغییرات سالیانه آن. مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست. دوره پانزدهم، شماره ٤. ص ١١-١.

میرزایی، م.، ریاحی‌بختیاری، ع.، سلمان‌ماهینی، ع.، و غلامعلی‌فرد، م.، ۱۳۹۲. آنالیز کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه‌های استان مازندران با استفاده از روش‌های چندمتغیره آماری. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، دوره ۲۳، شماره ۱۰۸. ص ۵۲-۴۱.

نادری‌جلودار، م.، اسماعیلی‌ساری، ع.، احمدی، م.ر.، سیف‌آبادی، س.ج.، و عبدلی، ا.، ۱۳۸۵. بررسی آلودگی ناشی از کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر روی پارامترهای کیفی آب رودخانه هراز. مجله علوم محیطی. سال چهارم، شماره دوم، ص ۲۱-۳۶.

Bergheim, A., and Selmer-Olsen, A.R., 1978. River pollution from a large trout farm in Norway. Aquaculture. 14, 267-270.

Boaventura, R., Pedro, A.M., Coimbra, J., and Lencastre, E., 1997. Trout farm effluents characterization and impact on the receiving streams. Environmental Pollution. 95, 379-387.

Boyd, C.E., and Gautier, D., 2000. Effluent composition and water quality standards. Advocate. 3, 61-66.

Camargo, J.A., Gonzalo, C., and Alonso, A., 2011. Assessing trout farm pollution by biological metrics and indices based on aquatic macrophytes and benthic macroinvertebrates: a case study. Ecology Indicators. 11, 911-917.

Fadaeifard, F., Raissy, M., Faghani, M., Majlesi, A., and Nodeh Farahani, Gh., 2012. Evaluation of physicochemical parameters of waste water from rainbow trout fish farms and their impacts on water quality of Koohrang stream- Iran. Inter. J. Fish. Aquacul. 4 (8), 170-177.

Guilpart, A., Roussel, J.M., Aubin, J., Caquet, T., Marle, M., and 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.

Kendra, W., 1991. Quality of salmonid hatchery effluents during a summer low-flow season. Transactions of the American Fisheries Society. 120, 43-51.

Khalik, W.M.A.W.M., Abdullah, M.P., Amerudin, N.A., and Padli, N. 2013. Physicochemical analysis on water quality status of Bertam river in Cameron Highlands, Malaysia. J. Mater. Environ. Sci. 4 (4), 488-495.

Mccafferty, W.P., 1981. Aquatic entomology, Jones and Bartlett publishers, 448p.

McNeely, R.N., and Neimanis, V.P., 1979. Water quality sourcebook, A guide to water quality parameter, water quality branch. OTAWA, Canada.

Mobin, M.N., Islam, M.S., Mia, M.Y., and Bakali, B., 2014. Analysis of Physicochemical Properties of the Turag river Water, Tongi, Gazipur in Bangladesh. J. Environ. Sci. Natur. Resour. 7 (1), 27-33.

Noori, R., Abdoli, M.A., Ghasrodashti, A., and Ghazizade, M.J., 2009. Prediction of municipal solid waste generation with combination of support vector machine and principal component analysis: A case study of Mashhad. Environmental Progress & Sustainable Energy, 28 (2), 249-25689.

Pulatsu, S., Rad, F., Koksal, G., and Aydın, F., 2004. The Impact of rainbow trout farm effluents on water quality of Karasu stream, Turkey. Turk. J. Fish. Aqua. Sci. 4, 9-15.

Rahmani, H., 2006. Population dynamics and genetic diversity of Shemaya chalchalburnus chalcoides in Haraz, Shirud and Gazafrud rivers. PhD Thesis, Gorgan University.

Rosenberg, D.M., and Resh, V.H., (eds.) 1993. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman and Hall, New York. 488p.

Schwartz, M.F., and Boyd, C.E., 1994. Channel catfish pond effluents, Progressive Fish Culturist. 56, 273-281.

Shrestha, S., and Kazama, F., 2007. Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: A case study of the Fuji river basin, Japan. Environmental Modelling & Software, 22 (4), 464-75.

Varedi, S.E., Nasrollahzadeh, H.S., Farabi, S.M.V., Vahedi, F., Gholamipour, S., and Varedi, S.R., 2010. Wisconsin – Milwaukee. 42p.

Zivic, I., Markovic, Z., Ilipovic-Rojka, Z., and Zivic, M., 2009. Influence of a trout farm on water quality and Macrozoobenthos communities of the receiving stream (Tresnjica river, Serbia). Hydrobiology, 94, 673-687.