بررسی کیفیت آب رودخانه‌های کاج و سندگان جهت پرورش ماهی قزل‌آلا در استان چهارمحال و بختیاری

محسن باقری *، پرویز منصوری، محمدعلی طالبی، مرتضی کرمی، مجید فرزان

بخش علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران

bagheriimohsen@yahoo.com

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۹۶ **تاریخ پذیرش: مرداد ۱۳۹۷**

چکیده

پارامترهای کیفی آب دو رودخانه کاج و سندگان در استان چهارمحال و بختیاری برای پرورش ماهی قزل‌آلا، مورد ارزیابی قرار گرفت. برای رودخانه کاج، ۶ ایستگاه و برای رودخانه سندگان، ۵ ایستگاه نمونه‌برداری انتخاب شدند. از آب هر ایستگاه یک بار در هر ماه و از اردیبهشت تا مهرماه ۱۳۹۳، نمونه‌برداری شد و نمونه‌ها برای تعیین میزان نیتریت، آمونیوم، فسفات محلول، BOD_5، COD، TSS، TDS، Cu، Zn، Hg، کلرور، سموم ارگانوفسفره، PH، مالاشیت گرین و EC، به آزمایشگاه منتقل شدند. غلظت نیتریت در آب رودخانه سندگان (۰/۱۰۶ mg/l) در حد استاندارد ($p>0/05$) و در آب رودخانه کاج (۰/۰۷۹ mg/l) کم‌تر از استاندارد ($p<0/009$) بود. در رودخانه‌های تحت بررسی، غلظت فسفات محلول (۰/۱۶۲ و ۰/۱۵۲ میلی‌گرم در لیتر به ترتیب در رودخانه کاج و سندگان) بیش‌تر از مقدار استاندارد بود ($p<0/0007$). مقدار کل مواد جامد محلول در آب رودخانه کاج (۲۲۵ mg/l) و سندگان (۳۳۵ mg/l) بیش‌تر از استاندارد بود (به ترتیب، $p<0/03$ و $p<0/0001$). غلظت BOD_5 و COD در هر دو رودخانه (به ترتیب برای رودخانه کاج ۲/۶۷ و ۵/۵۶ و برای رودخانه سندگان ۲/۱۶ و ۴/۲۲ میلی‌گرم در لیتر)، کم‌تر از مقدار استاندارد ($p<0/0001$) بود. مقدار مالاشیت گرین در ایستگاه آخر رودخانه کاج، ۰/۰۰۳ میلی‌گرم در لیتر ($p>0/05$) و در ایستگاه آخر رودخانه سندگان، ۰/۰۶۵ میلی‌گرم در لیتر ($p<0/05$) بود. هدایت الکتریکی در رودخانه سندگان (۵۶۲ میکروزیمنس بر سانتیمتر) بیش‌تر از مقدار استاندارد بود ($p<0/0003$). سایر پارامترها در آب هر دو رودخانه، کم‌تر از میزان استاندارد بود ($p<0/0001$). به طور کلی، آب رودخانه‌های کاج و سندگان برای پرورش ماهی قزل‌آلا مناسب نیست.

لغات کلیدی: ماهی قزل‌آلا، کیفیت آب، رودخانه، استان چهارمحال و بختیاری

* نویسنده مسئول

مقدمه

فاضلاب‌های صنعتی، شهری و روستایی، پساب مزارع کشاورزی و باغات و آب خروجی کارخانه‌ها از آلاینده‌های آب‌های سطحی هستند. پساب مزارع پرورش ماهی نیز به دلیل استفاده از داروها، مواد ضدعفونی کننده، مصرف مواد خوراکی و دفع فضولات، از آلاینده‌های آب به حساب می‌آید (باقری و همکاران، ۱۳۹۶). اکثر مزارع پرورش ماهی در مسیر رودخانه‌ها، در فواصل کوتاه از هم احداث شده‌اند و پساب خود را بدون استفاده از سیستم تصفیه بیولوژیک، به رودخانه‌ها رها می‌سازند (اسماعیلی ساری، ۱۳۷۹) و باعث افت کیفیت آب رودخانه می‌گردند (کاظم زاده خواجویی و همکاران، ۱۳۸۱). ارزیابی کیفی منابع آب به دلیل محدودیت منابع آب و افزایش آلاینده‌ها، حائز اهمیت است (خلجی و همکاران، ۱۳۹۵).

عطاملکی و همکاران (۱۳۹۴)، با اندازه‌گیری مقدار مواد آلی و نوترینت‌ها در مسیر رودخانه چناران در بجنورد، بیان کردند که، میزان آلودگی در برخی ایستگاه‌های این رودخانه بیش‌تر از استانداردهای زیست محیطی است. خارا و همکاران (۱۳۹۰)، کیفیت آب رودخانه اشمک در استان گیلان را در وضعیت آلودگی متوسط و رو به زیاد، گزارش نمودند. سهرابیان و همکاران (۱۳۸۹)، بیان نمودند که، بین غلظت آلاینده‌ها در آب رودخانه کلم و تراکم مزارع پرورش ماهی، یک رابطه‌ی مستقیم وجود دارد. در رودخانه زاینده رود نیز گزارش شد که، غلظت پارامترهای COD[۱]، BOD_5[۲]، TSS[۳]، TDS[۴]، آمونیوم، نیترات و فسفات در پساب مزارع پرورش ماهی افزایش می‌یابد و بین مقدار تولید ماهی و پارامترهای COD، BOD_5، TSS، نیترات و فسفات تولید شده در پساب، همبستگی مثبت وجود دارد (حاتمی، ۱۳۸۷). قانع ساسانسرایی و همکاران (۱۳۸۸) گزارش کردند که، ایستگاه‌های پایین دست رودخانه سبزکوه در استان چهارمحال و بختیاری، محل تجمع انواع آلودگی‌ها بوده است و پساب مزارع پرورش ماهی، بر کیفیت آب رودخانه اثر منفی داشته است. پساب حاصل از مزارع پرورش ماهی، میزان فسفر و نیتروژن آب‌های پذیرنده را تا مقدار یک گرم در لیتر افزایش می‌دهد (Banas *et al*., 2007). در بخش‌هایی از رودخانه که مجاور مناطق مسکونی و صنعتی قرار دارد، میزان کدورت و مواد نیتروژنی به شدت افزایش می‌یابد (Neal *et al*., 2000). کاج و سندگان از رودخانه‌های مهم استان چهارمحال و بختیاری هستند. با وجود تعداد زیادی روستا و مزراع پرورش ماهی قزل‌آلا در مسیر این رودخانه‌ها، احتمال می‌رود که پارامترهای کیفی آب آن‌ها از حد استاندارد فراتر باشند. با این وجود، تقاضا برای احداث مزارع جدید پرورش ماهی قزل‌آلا در مسیر این رودخانه‌ها، وجود دارد. بنابراین، این بررسی با هدف تعیین سطح عوامل کیفی آب دو رودخانه کاج و سندگان و مقایسه آن‌ها با مقادیر استاندارد پرورش ماهی قزل‌آلا، انجام شد.

مواد و روش کار

استان چهارمحال و بختیاری از جمله مناطق کوهستانی فلات مرکزی ایران است که بین ۳۱ درجه و ۹ دقیقه تا ۳۲درجه و ۳۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۲۶ دقیقه طول شرقی قرار دارد. رودخانه کاج از رشته کوه‌های زاگرس در استان چهارمحال و بختیاری سرچشمه گرفته‌اند و پس از طی مسیر در شهرستان اردل و اتصال به رودخانه اردل (آب بهشت آباد)، یکی از شاخه‌های رود ارمند را تشکیل می‌دهد. رودخانه سندگان نیز از چشمه‌ای بزرگ به همین نام در شهرستان لردگان از توابع استان چهارمحال و بختیاری، منشأ می‌گیرد و به همراه آب چشمه‌ی آبگرمک، یکی از شاخه‌های رود خرسان را تشکیل می‌دهد. رودهای ارمند و خرسان به

۱ Chemical Oxygen Demand
۲ Five-day Biochemical Oxygen Demand
۳ Total Suspended Solids
۴ Total Dissolved Solids

ترتیب از شاخه‌های اصلی و فرعی رود کارون هستند. در شکل ۱، موقعیت رودخانه‌های کاج و سندگان و ایستگاههای نمونه‌برداری آورده شده است.

شکل ۱. موقعیت رودخانه‌ها و ایستگاه‌های نمونه‌برداری آن‌ها

Figure 1. Locality of rivers and their sampling stations

بر اساس تراکم مزارع پرورش ماهی، منابع آلاینده و محل-های درخواست احداث مزارع پرورش ماهی، برای رودخانه کاج شش ایستگاه و برای رودخانه سندگان پنج ایستگاه نمونه‌برداری انتخاب شد. برای هر رودخانه یک ایستگاه قبل از هر گونه مزرعه پرورش ماهی یا ورود پساب (شاهد) و یک ایستگاه که بعد از آن مزرعه یا منبع آلاینده دیگری وجود نداشت، در نظر گرفته شد (جداول ۱ و۲). نمونه-برداری به صورت ماهیانه از اردیبهشت تا مهرماه سال ۱۳۹۳ انجام شد. نمونه‌برداری از آب نزدیک به سطح و در ظروف پلاستیکی تمیز و استریل با حجم ۳۰۰ سی‌سی انجام شد. نمونه‌ها بلافاصله در محفظه‌های حاوی یخ گذاشته شدند و در حداقل فاصله زمانی به آزمایشگاه ارسال و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند.

جدول ۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد بررسی رودخانه کاج
Table 1: Geographic location of studied stations of Kaj River

ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	توضیحات
۱	۵۰° ۲۵′ ۴۸/۹″ E	۳۲° ۹′ ۴۹/۷″ N	دره گرم (ایستگاه شاهد)
۲	۵۰° ۲۹′ ۲۳/۲″ E	۳۲° ۶′ ۵۸/۹″ N	الیکوه (خروجی مزرعه شایق)
۳	۵۰° ۳۰′ ۴۸/۳″ E	۳۲° ۶′ ۱/۵″ N	بعد از سایت قلعه درویش
۴	۵۰° ۳۱′ ۵۶/۴″ E	۳۲° ۴′ ۵۵/۵″ N	پل رستم آباد
۵	۵۰° ۳۳′ ۱۰/۸″ E	۳۲° ۴′ ۳۴/۶″ N	قبل از ورودی مجتمع کاج
۶	۵۰° ۳۶′ ۱۱/۴″ E	۳۲° ۲′ ۲۷/۳″ N	بعد از مزرعه بهرام صفری

جدول ۲ : موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد بررسی رودخانه سندگان
Table 2: Geographic location of studied stations of Sendegan River

ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	توضیحات
۱	۵۱° ۱۶′ ۵۹/۶″ E	۳۱° ۱۵′ ۳۳/۲″ N	چشمه سندگان (ایستگاه شاهد)
۲	۵۱° ۱۶′ ۴۸/۸″ E	۳۱° ۱۵′ ۲۶″ N	بالاتر از فاز دوم
۳	۵۱° ۱۶′ ۱۵/۵″ E	۳۱° ۱۵′ ۱۵/۲″ N	بین فاز ۱ و ۲
۴	۵۱° ۱۴′ ۵۹/۷″ E	۳۱° ۱۴′ ۴۳/۲″ N	بین فاز ۲ و ۳
۵	۵۱° ۱۴′ ۵۶/۵″ E	۳۱° ۱۳′ ۳۷/۱″ N	۲۵۰متر بعد از روستای قرح

برای رودخانه‌های مورد بررسی، پارامترهای: کل مواد جامد محلول (TDS) و کل مواد جامد معلق (TSS) از روش وزنی، نیاز اکسیژن شیمیایی (COD) از طریق تیتراسیون، نیاز اکسیژن بیوشیمیایی در ۵ روز (BOD_5) از طریق دستگاه BOD Track و نگه‌داری در انکوباتور به مدت ۵ روز در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد، قلیائیت و فسفات محلول از روش تیتراسیون، آمونیوم و نیتریت با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر، کلر محلول از روش تیتراسیون، مالاشیت گرین و سموم ارگانوفسفره با ستفاده از دستگاه HPLC[1]، جیوه، روی و مس با استفاده از دستگاه جذب اتمی و قابلیت هدایت الکتریکی از طریق دستگاه Sension156 با روش استاندارد متد (APHA, 2005) اندازه‌گیری شدند. داده‌های جمع‌آوری شده، در نرم افزار Excel وارد گردیدند و پس از دسته‌بندی اطلاعات با استفاده از نرم افزار SAS (۲۰۰۰) تجزیه آماری شدند. میانگین هر پارامتر با مقدار استاندارد آن به صورت مشاهدات جفت شده، با استفاده از آزمون t-Test مقایسه شد. مقادیر استاندارد، از استاندارد ملی ایران به شماره ۸۷۲۶ (۱۳۸۵) و EPA (۱۹۹۶)، استخراج گردید.

نتایج

نتایج تجزیه و تحلیل آماری پارامترهای اندازه‌گیری شده، به تفکیک هر رودخانه در ذیل آورده شده است. ابتدا میانگین غلظت هر پارامتر در تمامی ایستگاه‌ها (میانگین کل)، با مقدار استاندارد مقایسه شده است و سپس میانگین غلظت هر پارامتر در هر ایستگاه، با مقدار استاندارد مورد مقایسه قرار گرفته است.

رودخانه کاج

مقایسه میانگین پارامترهای کیفی آب رودخانه کاج با مقادیر استاندارد، در جداول ۳ و ۴ آورده شده است. مقدار فسفات محلول ($p<۰/۰۰۰۱$)، کل مواد جامد محلول ($p<۰/۰۳$) و مالاشیت گرین ($p<۰/۰۰۷$) در آب رودخانه کاج بیش‌تر از حد مجاز بود. سایر پارامترها در آب این رودخانه، کم‌تر از مقدار استاندارد بودند (جدول ۳). طبق جدول ۴، میزان نیتریت در دو ایستگاه اول، کم‌تر از مقدار استاندارد بود ($p<۰/۰۵$). اختلاف بین میزان نیتریت آب و مقدار استاندارد، در ایستگاه‌های ۳ و ۴ و ۵ معنی‌دار نبود. در ایستگاه ۶، مقدار نیتریت بیش‌تر از مقدار استاندارد بود، امّا اختلاف بین آن‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود. مقدار فسفات محلول در سه ایستگاه اول، در محدوده مجاز قرار داشت. در ایستگاه‌های ۴ و ۵ و ۶، مقدار فسفات محلول تا حدود دو برابر حد مجاز افزایش یافت ($p<۰/۰۱$). میزان BOD_5 و COD در سه ایستگاه اول، کم‌تر از حد مجاز بودند، امّا برای آن‌ها از ایستگاه اول تا ایسگاه آخر روند افزایشی وجود داشت. کل مواد جامد محلول در تمامی ایستگاه‌ها، کم‌تر از مقدار استاندارد بود، امّا تنها در ایستگاه اول تفاوت آن با مقدار استاندارد، معنی‌دار بود ($p<۰/۰۱$). در سه ایستگاه اول، مقدار مالاشیت گرین برابر با صفر بود و به تدریج در ایستگاه‌های بعد، بر مقدار آن افزوده شد.

رودخانه سندگان

مقایسه میانگین پارامترهای کیفی آب رودخانه سندگان با مقادیر استاندارد، در جداول ۵ و ۶ آورده شده است. مقدار فسفات محلول ($p<۰/۰۰۰۷$)، کل مواد جامد محلول ($p<۰/۰۰۰۱$)، مالاشیت گرین ($p<۰/۰۰۰۱$) و هدایت الکتریکی ($p<۰/۰۰۰۳$) در آب رودخانه سندگان، بیش‌تر از حد مجاز بودند. مقدار نیتریت در آب این رودخانه با مقدار مجاز تفاوت معنی‌دار نداشت. سایر پارامترها، کم‌تر از حد مجاز ($p<۰/۰۰۰۷$) بودند (جدول ۵). بر اساس اطلاعات جدول ۶، میزان نیتریت در ایستگاه‌های رودخانه سندگان، دارای یک روند افزایشی

[1] High-performance liquid chromatography

بود و مقدار آن در ایستگاه اول ($p<۰/۰۱$) و ایستگاه دوم ($p<۰/۰۵$) کم‌تر از مقدار استاندارد، در ایستگاه سوم در محدوده حد استاندارد و در ایستگاه چهارم ($p<۰/۰۵$) و ایستگاه پنجم ($p<۰/۰۱$)، بیش‌تر از مقدار استاندارد بود. میزان فسفات محلول در ایستگاه اول، کم‌تر از مقدار استاندارد ($p<۰/۰۱$)، در ایستگاه دوم در محدوده مجاز و در سایر ایستگاه‌ها، از حد مجاز بیش‌تر بود ($p<۰/۰۱$). میزان BOD_5 و COD، کم‌تر از حد مجاز بودند امّا با یک روند افزایشی در ایستگاه‌های آخر به مقادیر حد مجاز نزدیک شدند. کل مواد جامد محلول در تمامی ایستگاه‌ها، بسیار بیش‌تر از مقدار استاندارد بود ($p<۰/۰۱$). مقدار مالاشیت گرین، در ایستگاه شاهد برابر صفر بود و در دو ایستگاه آخر، مقادیر آن از مقدار استاندارد فراتر رفت. ($p<۰/۰۵$). مقدار هدایت الکتریکی در تمامی ایستگاه‌ها، به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۱$) بیش‌تر از حد مجاز بود. سایر پارامترهای اندازه‌گیری شده در آب این رودخانه، در تمامی ایستگاه‌ها از مقدار استاندارد کم‌تر بودند.

جدول۳: مقایسه† میانگین پارامترهای کیفی آب رودخانه کاج با مقادیر استاندارد††

Table 3: Comparison† of measured parameters for Kaj River with standard amounts††

پارامتر	استاندارد	تعداد	میانگین	انحراف	سطح
نیترات (mg/l)	۰/۱	۳۶	۰/۰۷۹	۰/۰۴	۰/۰۰۹
آمونیوم (mg/l)	۱	۳۶	۰/۰۱۷	۰/۰۱	۰/۰۰۰۱
فسفات محلول	۰/۱	۳۶	۰/۱۶۲	۰/۰۷	۰/۰۰۰۱
BOD5 (mg/l)	۵	۳۶	۲/۶۷	۲/۰۱	۰/۰۰۰۱
COD (mg/l)	۱۰	۳۶	۵/۵۶	۴/۰۹	۰/۰۰۰۱
کل مواد جامد	۲۵	۳۶	۲/۳۴	۳/۴۹	۰/۰۰۰۱
کل مواد جامد	۲۰۰	۳۶	۲۲۵	۷۴/۸	۰/۰۳
مس (mg/l)	۰/۰۰۶	۳۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۱
روی (mg/l)	۰/۰۰۵	۳۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۱
جیوه (mg/l)	۰/۰۲	۳۶	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۱
کلرور (mg/l)	۱۷۰	۳۶	۱۶/۲۵	۴/۲۷	۰/۰۰۰۱
سموم ارگانوفسفره	۱/۱۱	۳۶	۰/۰۴۸	۰/۰۵	۰/۰۰۰۱
قلیائیت (mg/l)	۴۰۰	۳۶	۳۲/۵	۸/۸۳	۰/۰۰۰۱
مالاشیت گرین	۰	۳۶	۰/۰۰۲	۰/۰۰۴	۰/۰۰۷
هدایت الکتریکی	۵۰۰	۳۶	۳۷۷	۱۲۴/۵	۰/۰۰۱

†: مقایسه از طریق t-test؛ ††: استاندارد ملی ایران شماره ۸۷۲۶ (۱۳۸۵) و EPA, 1996

جدول ۴: مقایسه† میانگین پارامترهای کیفی آب در هر ایستگاه رودخانه کاج با مقادیر استاندارد††

Table 4: Comparison† of measured parameters for

each Kaj River station with standard amounts††

پارامتر	ایستگاه۱	ایستگاه۲	ایستگاه۳	ایستگاه۴	ایستگاه۵	ایستگاه۶
نیتریت (mg/l)	۰/۰۳۵*	۰/۰۴۵*	۰/۰۶۶ns	۰/۰۷۰ns	۰/۰۹۶ns	۰/۱۱۱ns
آمونیوم (mg/l)	۰/۰۰۵**	۰/۰۹۵ns	۰/۱۲۵ns	۰/۱۵۶**	۰/۰۲۱**	۰/۰۲۶**
فسفات محلول (mg/l)	۰/۰۷۸ns	۰/۰۹۵ns	۰/۱۲۵ns	۰/۱۵۶**	۰/۱۸۱**	۰/۲۲۰**
BOD_5 (mg/l)	۲/۱*	۲/۰*	۲/۳*	۲/۶ns	۲/۶*	۳/۲ns
COD (mg/l)	۴/۶۲*	۴/۳۰*	۴/۸۰*	۵/۳۴ns	۵/۴۵*	۶/۶۵ns
کل مواد جامد معلق (mg/l)	۲/۲۷**	۲/۰۹**	۲/۱۲**	۲/۳۷**	۲/۱۷**	۲/۴۳**
کل مواد جامد محلول	۱۵۵**	۱۹۳ns	۲۱۰ns	۲۳۴ns	۲۴۳ns	۲۶۱ns
مس (mg/l)	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۲**
روی (mg/l)	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**
جیوه (mg/l)	/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۲**	۰/۰۰۰۳**	۰/۰۰۰۸**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**
کلرور (mg/l)	۱۱/۱۰**	۱۳/۱۰**	۱۵/۱۰**	۱۸/۵۰**	۱۷/۰۴**	۱۸/۸۰**
سموم ارگانوفسفره (mg/l)	۰/۰۰۰**	۰/۰۲۵**	۰/۰۴۰**	۰/۰۶۱**	۰/۰۵۶**	۰/۰۵۷**
قلیائیت (mg/l)	۲۶/۹**	۳۰/۷**	۳۱/۰**	۳۲/۷**	۳۶/۰**	۳۴/۲**
مالاشیت گرین (mg/l)	۰/۰۰۰ns	۰/۰۰۰ns	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۵ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۳ns
هدایت الکتریکی (µS/cm)	۲۶۱**	۳۲۳**	۳۵۱**	۳۹۲**	۴۰۷**	۴۳۸**

†، مقایسه از طریق t-test؛ ††: استاندارد ملی ایران شماره ۸۷۲۶ (۱۳۸۵) و EPA, 1996؛ ns، غیر معنی دار؛ *، معنی دار در سطح کمتر از ۵ درصد؛ **، معنی دار در سطح کمتر از ۱ درصد

جدول ۵. مقایسه† میانگین پارامترهای کیفی آب رودخانه سندگان با مقادیر استاندارد††

Table 5. Comparison† of measured parameters for Sendegan River with standard amounts††

پارامتر	مقدار استاندارد	تعداد مشاهدات	میانگین	انحراف استاندارد	سطح معنی داری
نیتریت (mg/l)	۰/۱	۳۰	۰/۱۰۶	۰/۰۵	۰/۵۴
آمونیوم (mg/l)	۱	۳۰	۰/۰۱۸	۰/۰۱	۰/۰۰۰۱
فسفات محلول (mg/l)	۰/۱	۳۰	۰/۱۵۲	۰/۰۷	۰/۰۰۰۷
BOD_5 (mg/l)	۵	۳۰	۲/۱۶	۱/۱	۰/۰۰۰۱
COD (mg/l)	۱۰	۳۰	۴/۲۲	۲/۲	۰/۰۰۰۱
کل مواد جامد معلق (mg/l)	۲۵	۳۰	۰/۹	۱/۶	۰/۰۰۰۱
کل مواد جامد محلول (mg/l)	۲۰۰	۳۰	۳۳۵	۱۷/۲	۰/۰۰۰۱
مس (mg/l)	۰/۰۰۶	۳۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۱
روی (mg/l)	۰/۰۰۵	۳۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۱
جیوه (mg/l)	۰/۰۲	۳۰	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۰۱
کلرور (mg/l)	۱۷۰	۳۰	۲۴/۹۵	۴/۱۶	۰/۰۰۰۱
سموم ارگانوفسفره (mg/l)	۱/۱۱	۳۰	۰/۱۰۲	۰/۱۱	۰/۰۰۰۱
قلیائیت (mg/l)	۴۰۰	۳۰	۳۸/۲	۹/۱۴	۰/۰۰۰۱
مالاشیت گرین (mg/l)	۰	۳۰	۰/۰۳۲	۰/۰۴	۰/۰۰۰۱
هدایت الکتریکی (µS/cm)	۵۰۰	۳۰	۵۶۲	۲۸/۵	۰/۰۰۰۳

†: مقایسه از طریق آزمون t-test؛ ††: استاندارد ملی ایران شماره ۸۷۲۶ (۱۳۸۵) و EPA, 1996

جدول ۶: مقایسه† میانگین پارامترهای کیفی آب در هر ایستگاه رودخانه سندگان با مقادیر استاندارد††

Table 6:	ایستگاه۱	ایستگاه۲	ایستگاه۳	ایستگاه۴	ایستگاه۵
نیتریت (mg/l)	۰/۰۵۳**	۰/۰۶۱*	۰/۰۹۵ns	۰/۱۴۰*	۰/۱۸۰**
آمونیوم (mg/l)	۰/۰۱۰**	۰/۰۱۱**	۰/۰۱۳**	۰/۰۲۱**	۰/۰۳۶**
فسفات محلول(mg/l)	۰/۰۶۶**	۰/۰۹۸ns	۰/۱۴۰*	۰/۲۰۵**	۰/۲۴۵**
BOD_5 (mg/l)	۱/۲۲**	۱/۴۷**	۱/۹۷**	۲/۶۰**	۳/۵۵**
COD (mg/l)	۲/۴۸**	۲/۹۰**	۳/۵۳**	۵/۰۵**	۷/۱۵*
کل مواد جامد معلق(mg/l)	۰/۳۹**	۰/۴۹**	۰/۷۱**	۱/۳۲**	۱/۶۰**
کل مواد جامد محلول(mg/l)	۳۱۹**	۳۲۴**	۳۳۴**	۳۵۴**	۳۴۶**
مس (mg/l)	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۲**
روی (mg/l)	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**
جیوه (mg/l)	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**
کلرور (mg/l)	۲۱/۴**	۲۳/۶**	۲۵/۵**	۲۷/۹**	۲۶/۱**
سموم ارگانوفسفره (mg/l)	۰/۰۰۰**	۰/۰۳۵**	۰/۰۶۵**	۰/۰۱۶**	۰/۲۴۱**
قلیائیت (mg/l)	۳۲/۶**	۳۴/۵**	۳۶/۴**	۴۱/۴**	۴۵/۹**
مالاشیت گرین(mg/l)	۰/۰۰۰ns	۰/۰۲۰ns	۰/۰۴۰ns	۰/۰۳۵*	۰/۰۶۵*
هدایت الکتریکی (µS/cm)	۵۳۶**	۵۴۲**	۵۵۹**	۵۹۴**	۵۷۹**

†: مقایسه از طریق t-test؛ ††: استاندارد ملی ایران شماره ۸۷۲۶ (۱۳۸۵) و EPA, 1996؛ ns، غیر معنی دار؛ *، معنی دار در سطح کمتر از ۵ درصد؛ **، معنی دار در سطح کمتر از ۱ درصد

بحث

اکثر پارامترهای اندازه‌گیری شده در آب دو رودخانه کاج و سندگان کم‌تر و یا در حد استاندارد بودند. اما به دلیل افزایش تعداد مزارع پرورش ماهی و سایر آلاینده‌ها در مسیر آن‌ها، برای تمامی پارامترها یک روند افزایشی از ایستگاه اول تا ایستگاه آخر وجود داشت. این نتایج با نتایج تحقیق طهماسبی و همکاران (۱۳۹۰)، مطابقت دارد. ایشان بیان داشتند که، آب رودخانه گرگر، در ابتدای مسیر با عدد شاخص ۵۷/۵، بهترین و در انتهای مسیر با عدد شاخص ۵۱/۵، بدترین کیفیت را داشته است. همچنین مطابق با نتایج تحقیق حاضر، قانع ساسانسرایی و همکاران (۱۳۸۸)، با اندازه‌گیری نیتروژن، فسفر و BOD_5 در آب رودخانه سبزکوه استان چهارمحال و بختیاری، گزارش کردند که مقادیر پارامترهای مذکور در پساب کارگاه‌های پرورش ماهی از مقدار مجاز بیش‌تر نبودند، اما در مناطق پایینی رودخانه، مقدار آلودگی‌ها به حداکثر مقدار مجاز نزدیک شد و اختلاف معنی‌داری بین مقدار پارامترهای اندازه‌گیری شده در ابتدای مسیر رودخانه و مقدار آن‌ها در انتهای رودخانه، وجود داشت. در بررسی پارامترهای کیفی آب رودخانه گاماسیاب نیز بیان شد که، به دلیل وجود منابع آلاینده مختلف در مسیر رودخانه، مقادیر اکثر پارامترهای کیفی آب در ایستگاه‌های مختلف، با یکدیگر تفاوت معنی‌دار داشتند. همچنین، بر اثر فعالیت‌های آبزی پروری و ورود فاضلاب روستاهای اطراف، میانگین غلظت یون‌های آمونیوم و نیتریت ایستگاه شاهد با سایر ایستگاه‌های نمونه برداری، تفاوت معنی‌دار داشت (طیبی و سبحان اردکانی، ۱۳۹۱). کیفیت آب رودخانه قره‌سو در استان اردبیل نیز، تحت تأثیر پساب کارگاه‌های پرورش ماهی قرار داشته است (دلشاد و همکاران، ۱۳۹۷). در بررسی حاضر، مقدار نیتریت در آب هر دو رودخانه از ایستگاه سوم به شدت افزایش یافت. خصوصاً در ایستگاه-های ۴ و ۵ رودخانه سندگان، مقدار نیتریت تا سه برابر ایستگاه اول افزایش داشت. چنین نتایجی در دو رودخانه صمصامی و دیناران در استان چهارمحال و بختیاری (باقری و همکاران، ۱۳۹۶) نیز مشاهده شد. حسینی و همکاران (۱۳۹۲) نیز دریافتند که غلظت نیتریت در آب رودخانه ریجاب، در هر ایستگاه نسبت به ایستگاه قبل افزایش نشان داد. بر خلاف این نتایج، قانع ساسانسرایی و

همکاران (۱۳۸۲)، میزان نیتریت در سه رودخانه‌ی حویق، کرگانرود و شفارود در استان گیلان را کم‌تر از حد مجاز، گزارش کردند. بابایی و همکاران (۱۳۹۳) نیز بیان داشتند که، غلظت نیتریت در رودخانه گاماسیاب، کم‌تر از مقدار استاندارد است. فسفات محلول در آب رودخانه‌های تحت بررسی، از حد استاندارد پرورش ماهی، بیش‌تر بود. گزارش شده است که، فعالیت کارگاه‌های پرورش ماهی، غلظت فسفات در آب‌های پذیرنده پساب را افزایش می‌دهد (Guilpart *et al*., 2012). این نتایج با نتایج گزارش شده برای رودخانه‌های صمصامی و دیناران (باقری و همکاران، ۱۳۹۶)، رودخانه سبزکوه (قانع ساسانسرایی و همکاران، ۱۳۸۸)، رودخانه زاینده رود در محدوده استان چهارمحال و بختیاری (درخشنده قاضی‌محله و همکاران (۱۳۸۰) و سه رودخانه‌ی حویق، کرگانرود و شفارود (قانع ساسانسرایی و همکاران، ۱۳۸۲) در استان گیلان مطابقت دارد. ورود فضولات و مواد خوراکی مصرف نشده در مزارع پرورش ماهی و راه یافتن کودهای استفاده شده در مزارع کشاورزی و همچنین ورود مواد شوینده مورد استفاده در مناطق مسکونی به رودخانه‌ها، چنین افزایشی را در مقدار فسفات آب رودخانه‌ها ایجاد می‌نماید. دادگر و همکاران (۱۳۹۳) با مطالعه تأثیر مزارع پرورش ماهیان سردآبی بر کیفیت آب رودخانه‌های حوضه آبریز سد طالقان، گزارش دادند که، به دلیل ورود فاضلاب‌های خانگی روستاهای منطقه، مقدار فسفر و نیتروژن از مناطق بالادست به مناطق پایین دست، تا دو برابر افزایش داشته است. همچنین، در مطالعه تأثیر مزارع پرورش ماهی بر خصوصیات آب رودخانه ریجاب، مشاهده گردید که، پساب مزارع پرورش ماهی تأثیر معنی‌داری بر پارامترهای pH، سختی کل، هدایت الکتریکی، آمونیاک، فسفات، کل مواد جامد، اکسیژن مورد نیاز زیستی و اکسیژن مورد نیاز شیمیایی آب، داشته است (حسینی و همکاران، ۱۳۹۲).

مقدار BOD_5 و COD در آب رودخانه‌های کاج و سندگان در اکثر ایستگاه‌ها، در حد مناسبی قرار داشت. مطابق با این نتایج، بابایی و همکاران (۱۳۹۳) گزارش دادند که، هرچند میزان COD و BOD_5 در آب خروجی استخرهای پرورش ماهی نسبت به آب ورودی تا بیش از ۲ برابر افزایش نشان داد امّا، میزان BOD_5 رودخانه حاکی از عدم تأثیر منفی کارگاه‌های پرورش ماهی بر اکوسیستم رودخانه تحت مطالعه بود. نتایج مطالعه تأثیر مزارع پرورش ماهیان سردآبی بر کیفیت آب رودخانه‌های حوضه آبریز سد طالقان، نشان داد که، میزان BOD_5، COD، فسفر کل و نیتروژن کل در پساب خروجی کارگاه‌های پرورش ماهی در حد میزان استاندارد است (دادگر و همکاران، ۱۳۹۳). افزایش BOD_5 رودخانه‌ها، می‌تواند ناشی از ورود مواد آلی حاصل از کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلا به داخل آب باشد (Maillard *et al*., 2005).

در آب دو رودخانه کاج و سندگان، مقدار مواد جامد محلول بیش‌تر از حد مجاز و مقدار مالاشیت گرین بیش‌تر از صفر بود. میزان هدایت الکتریکی در آب رودخانه سندگان نیز بیش‌تر از مقدار استاندارد بود. باقری و همکاران (۱۳۹۶) گزارش دادند که، در کارگاه‌های پرورش ماهی موجود در مسیر رودخانه‌های صمصامی و دیناران از مالاشیت گرین استفاده می‌شود و به منظور احداث کارگاه‌های جدید پرورش ماهی، باید از مصرف مالاشیت گرین جلوگیری گردد. بر خلاف نتایج تحقیق حاضر، در مطالعه ایشان، مقدار مواد جامد محلول و هدایت الکتریکی از مقدار استاندارد بیش‌تر نبودند. سایر پارامترهای اندازه‌گیری شده در آب رودخانه‌های کاج و سندگان کم‌تر از حد مجاز بودند که با سایر تحقیقات (باقری و همکاران، ۱۳۹۶) مطابقت دارد.

به طور کلی می‌توان گفت که، کیفیت آب رودخانه‌های کاج و سندگان در حد مطلوب نیست اما در شرایط بحرانی نیز قرار ندارند. پساب کارگاه‌های پرورش ماهی به همراه سایر آلاینده‌ها، بار آلودگی این رودخانه‌ها را افزایش داده‌اند. بنابراین، تأسیس مزارع جدید پرورش ماهی در مسیر

آن‌ها توجیه زیست‌محیطی ندارد و کیفیت آب آن‌ها را در شرایط بحرانی قرار خواهد داد.

منابع

استاندارد ملی ایران شماره ۸۷۲۶، ۱۳۸۵. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ایران، تهران.

اسماعیلی ساری، ع.، ۱۳۷۹. مبانی مدیریت کیفی آب در آبزی پروری. مؤسسه تحقیقات شیلات ایران، ۲۶۳ صفحه.

بابایی، ه.، مهدی‌نژاد، ک.، خداپرست، س.ح.، میرزاجانی، ع.، عابدینی، ع.، فئید، م. و مهدی-زاده، غ.، ۱۳۹۳. بررسی پساب‌های خروجی آب‌های مزارع سردآبی انفرادی. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، پژوهشکده آبزی‌پروری آب‌های داخلی، ۸۵ صفحه.

باقری، م.، فرزان، م.، طالبی، م.ع.، کرمی، م. و منصوری، پ.، ۱۳۹۶. مقایسه پارامترهای کیفی آب رودخانه‌های صمصامی و دیناران با استانداردهای کیفی آب برای پرورش ماهی. مجله علمی شیلات ایران، ۲۶(۴): ۲۵-۴.
DOI: 10.22092/ISFJ2017.113897

حسینی، س.ح.، سجادی، م.م.، کامرانی، ا.، سوری نژاد، ا. و رنجبر، ح.، ۱۳۹۲. تاثیر پساب مزارع پرورش ماهی قزل آلای رنگین کمان بر پارامترهای فیزیکو شیمیایی آب رودخانه ریجاب (استان کرمانشاه). مجله بوم شناسی آبزیان، ۲(۴): ۳۹-۲۹.

خارا، ح.، مظلومی، ح.، نظامی، ش.، اکبرزاده، ا.، قلی-پور، س.، احمدنژاد، م.، فلاح، س.ف. و رهبر، م.، ۱۳۹۰. بررسی کیفیت آب رودخانه اشمک (استان گیلان). مجله شیلات، ۵(۳): ۵۴-۴۱.

دادگر، ش.، نگارستان، ح.، چهرزاد، ف.، رزمی، ک.، فایضی، م.، نورانی، ح.، شیخ، غ. و رادخواه، ک.، ۱۳۹۳. تعیین تأثیر مزارع پرورش ماهیان سردآبی بر کیفیت آب رودخانه‌های حوضه آبریز سد طالقان. گزارش نهایی پروژه، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، ۳۱ صفحه.

درخشنده قاضی محله، ر.، نظامی، ش.، امینی رنجبر، غ.، مهرابی، ی.، اربابی، م.، افراز، ع. و طالبی، م. ع.، ۱۳۸۰. بررسی اثرات پساب‌های خروجی حوضچه-های پرورش ماهی قزل آلا. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان چهارمحال و بختیاری، ۱۶۵ صفحه.

دلشاد، م.، احمدی‌فر، ن.، آتشبار، ب. و کمالی، م.، ۱۳۹۷. بررسی کیفیت آب رودخانه قره‌سو اردبیل در محدوده کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان. مجله علمی شیلات ایران، ۲۷(۲): ۱۳-۱.
DOI:10.22092/ISFJ2018.116689

سهرابیان، ب.، جاوید، ا.، عوض‌پور، م.، صدوقی، ز. و عباسی، ا.، ۱۳۸۹. بررسی کیفیت پساب‌های پرورش ماهی منطقه کلم و تأثیر آن بر آب پذیرنده با استفاده از شاخص NSF. عمران آب، ۳۹: ۳۹-۳۳.

عطاملکی، ع.، صادقی، ش.، دولتی، م.، غلامی، م.، قربانپور، ر. و ابویی مهریزی، ا.، ۱۳۹۴. اندازه‌گیری و پایش مواد آلی و نوترینت‌ها در طول رودخانه چناران بجنورد. مجله ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت-ها، ۳(۱): ۷۴-۶۷.

قانع ساسانسرایی، ا.، بابایی، ه.، افراز، ع.، صابری، ح. و قندی، د.، ۱۳۸۲. بررسی لیمنولوژیک رودخانه‌های مهم حوزه جنوبی دریای خزر در استان گیلان با تأکید بر عوامل آلاینده (رودخانه‌های حویق، کرگانرود و شفارود). گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، پژوهشکده آبزی‌پروری آب‌های داخلی، ۱۶۸ صفحه.

قانع ساسانسرایی، ا.، عوفی، ف.، نجف‌پور، ن.، طاهری، غ.، عابدینی، ع.، میرزاجانی، ع.، سبک آرا، ج. و بابایی، ه.، ۱۳۸۸. بررسی و مطالعه اثرات

پساب مزارع پرورش ماهیان سردآبی رودخانه سبزکوه در استان چهارمحال و بختیاری. گزارش نهایی پروژه، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، پژوهشکده آبزی‌پروری آب‌های داخلی، ۱۰۱ صفحه.

طهماسبی، س.، افخمی، م. و تکدستان، ا.، ۱۳۹۰. تحلیل وضعیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب رودخانه گرگر با استفاده از شاخص کیفیت آب NSF. علوم بهداشتی، ۳(۴): ۶۴-۵۵.

طیبی، ل. و سبحان اردکانی، س.، ۱۳۹۱. سنجش پارامترهای کیفی آب رودخانه گاماسیاب و عوامل موثر بر آن. علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۴(۲): ۴۹-۳۷.

APHA, 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th Edition, American Public Health Association, Washington DC. 1220p.

Banas, D., Masson, G., Leglize, L., Usseglio-Polatera, P. and Boyd, C.E., 2007. Sediment concentration and nutrient loads in effluents drained from extensively managed fishponds in France. Environmental Pollution, 152: 679-685. DOI: 10.1016/j.envpol.2007.06.058

EPA, 1996. Quality criteria for waters, Washington D.C. 256p.

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. DOI: 10.1016/j.ecolind.2012.04.019

Maillard, V.M., Boardman, G.D., Nyland, J.E. and Kuhn, D.D., 2005. Water quality and sludge characterization at raceway-system trout farms. Aquaculture Engineering, 33: 271-284. DOI: 10.1016/j.aquaeng.2005.02.006

Neal, C., Jarvie, H.L., Whitton, B.A. and Gemmell, J., 2000. The water quality of the river Wear, north-east England. Science of the Tot, Environment, 251: 153-172. DOI: 10.1016/S0048-9697(00)00408-3

SAS, 2000. SAS user's guide (Release 8.2). SAS Institute Inc., Cary, NC, USA

Investigation of water quality of the Kaj and Sendegan rivers for rainbow trout culture in Chaharmahal and Bakhtiari province

*bagheriimohsen@yahoo.com

Bagheri M.*; Mansouri P.; Talebi, M.A.; Karami, M.; Farzan M.

Animal Science Research Department, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization(AREEO), Shahrekord, Iran

Abstract

Water quality parameters of Kaj and Sendegan rivers in Chaharmahal and Bakhtiari province were assessed for rainbow trout culture. For Kaj and Sendegan rivers, 6 and 5 sampling stations were selected, respectively. The water samples were collected once a month from May to October (2015) and were sent to laboratory for assessing: Nitrite, Ammonium, Soluble Phosphate, BOD_5, COD, TSS, TDS, Cu, Zn, Hg, Cl^-, organophosphate toxins, pH, Malachite green and EC. The Nitrite concentration in Sendegan River (0.106 mg/l) was equal to standard ($p>0.05$) and in Kaj River (0.079 mg/l) was lower than standard ($p<0.009$). The soluble Phosphate concentration was higher than standard ($p<0.0007$) in the studied rivers (0.162 and 0.152 mg/l for Kaj and Sendegan, respectively). Measured TDS for Kaj (225 mg/l) and Sendegan (335 mg/l) rivers were higher than standard ($p<0.03$ and $P<0.0001$, respectively). BOD_5 and COD concentrations were lower ($p<0.0001$) than its standards for two rivers (2.67 and 5.56 mg/l for Kaj River and 2.16 and 4.22 mg/l for Sendegan River, respectively). Amount of Malachite green in the last station of Kaj River was 0.003 mg/l ($p>0.05$) and in the last station of Sendegan River was 0.065 mg/l ($p<0.05$). The EC of Sendegan River (562 µs/cm) was higher than standard ($p<0.0003$). Other parameters in the both rivers, were lower than the standard ($p<0.0001$). Generally, water quality of Kaj and Sendegan rivers were not suitable for rainbow trout culture.

Keywords: Rainbow trout, Water quality, River, Chaharmahal and Bakhtiari province

***Corresponding author