تغییرات غنا و تراکم فون ماکروبنتوزهای منطقه پلور رودخانه هراز تحت تأثیر پساب خروجی کارگاه پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان

چکیده

تأثیر کارگاه پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر روی غنای گونه‌ای و تعداد ماکروبنتیک‌ها (Macro-benthic) در منطقه پلور رودخانه هراز بررسی شد. شناخت و بررسی منابع آب‌های سطحی به‌ویژه رودخانه‌ها و نهرها که در واقع جزء منابع استراتژیک محسوب می‌شوند، به منظور اعمال مدیریت بهینه، از اهمیت زیادی برخوردارند. این مطالعه در فصول بهار و تابستان در رودخانه هراز در منطقه پلور صورت گرفت. یک ایستگاه (عنوان ایستگاه شاهد) در نزدیک‌ترین فاصله ممکن قبل از کارگاه و پس از آن ایستگاه بعدی در فاصله ۷۵ متری (جایی که آب خروجی مزرعه با آب رودخانه مخلوط می‌شود) تعیین شد. برای جمع‌آوری نمونه‌های ماکروبنتوز از نمونه‌بردار سوربر به مساحت ۱ فوت مربع (حدوداً به ابعاد ۳۰/۵ در ۳۰/۵ سانتی‌متر مربع) با چشمه تور ۳۶۰ میکرون استفاده گردید. نمونه‌ها با فرمالین ۴ درصد تثبیت و در آزمایشگاه توسط الک با قطر چشمه ۵۰۰ میکرون مورد شستشو قرار گرفتند و نهایتاً با استفاده از کلیدهای شناسایی معتبر، در سطح راسته و خانواده، شناسایی شدند. در این مطالعه ۷ راسته از ماکروبنتیک‌ها شناسایی شدند. بیشترین تأثیر آلودگی کارگاه‌ها بر روی ۳ راسته Ephemeropterta، Terichoptera و Plecoptera بود که به گروه حساس EPT معروف بوده و باعث کاهش جمعیت آن‌ها شده است. برعکس، جمعیت خانواده شیرونومیده (Chironomidae) که بی‌مهرگان کفزی مقاوم به آلودگی هستند، افزایش پیدا کرده بود.

واژگان کلیدی: آبزی‌پروری، آلودگی، پساب، درشت بی‌مهرگان کفزی.

مهدی نادری‌جلودار[۱]
مسعود هدایتی‌فرد[۲*]
سمیه نادری[۳]
حمیدرضا باقرپور[٤]

۱. استادیار موسسه تحقیقات علوم شیلاتی ایران، پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ساری، ایران
۲. دانشیار گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد قائم‌شهر، دانشگاه آزاداسلامی، قائم‌شهر، ایران
۳. کارشناس مهندسی منابع طبیعی، گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد قائم‌شهر، دانشگاه آزاداسلامی قائم‌شهر، ایران
۴. کارشناس ارشد مهندسی منابع طبیعی، گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد قائم‌شهر، دانشگاه آزاداسلامی

*** مسئول مکاتبات:**
hedayati.m@qaemiau.ac.ir

تاریخ دریافت :۱۳۹۵/۰۹/۲۸
تاریخ پذیرش :۱۳۹۶/۰۶/۳۰
کد مقاله :۱۳۹۶۰۴۰۳۰۹
این مقاله برگرفته ازپایان نامه کارشناسی می باشد.

مقدمه

محیط‌های آب شیرین از نظر طول عمر و ترکیب کیفی دارای تنوع فراوانی هستند و انتظار می‌رود که سازگاری‌های بسیار متنوعی بین این موجودات تکامل پیدا کند (Bronmark and Hansson, 2005). جانداران آبزی حساسیت بالایی در برابر تغییرات فیزیکی و شیمیایی آب نشان می‌دهند (Rosenberg, 2004; Pillay, 2007) در نتیجه هر نوع تغییری در کیفیت زیستگاه و فاکتورهای حیاتی آن باعث ایجاد عکس العمل‌های رفتاری، ریختی و فیزیولوژیکی و نیز تغییر در فراوانی حضور و عدم حضور این جانوران در محیط آبی می‌شود (اسماعیلی‌ساری، ۱۳۸۱). به همین دلیل در پایش زیستی از گونه‌ها یا جوامع شناساگر استفاده می‌شود (Stefanidis *et al*., 2016). پایش زیستی مزیت‌های

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2025-06-18]

زیادی نسبت به روش‌های شیمیایی برخوردار است که از جمله می‌توان به هزینه کمتر، دقت و سرعت بیشتر در ارزیابی کیفیت اکوسیستم‌های آبی ساکن و جاری اشاره نمود (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱). مطالعات دانشمندان علوم زیست‌محیطی نشان می‌دهد که حضور، وضعیت و تعداد انواع ماهی، حشرات، جلبک‌ها و گیاهان آبزی، اطلاعات دقیقی را در مورد سلامت یا آلودگی یک رودخانه، نهر، دریاچه، تالاب یا مصب فراهم می‌آورد (Pillay, 2007) و به همین دلیل این نوع از گیاهان و جانوران را اندیکاتورهای بیولوژیک نام نهاده‌اند (اسماعیلی‌ساری، ۱۳۸۱).

بنتوزها یا کفزیان جانوران بی‌مهره‌ای هستند که با چشم غیرمسلح دیده می‌شوند و دست‌کم بخشی از زندگی خود را در بستر رودخانه سپری می‌کنند (Prouty *et al*., 2016) در سال‌های اخیر ماکروبنتوزها و یا درشت‌بی‌مهرگان کفزی ساکن رسوبات، اثرات ناشی از آلودگی‌های محیطی را به صورت تغییر در تنوع یا تراکم خود منعکس می‌کنند، که به همین دلیل در پایش زیستی مورد توجه قرار گرفته‌اند (Stefanidis *et al*., 2016; Rackville, 2006). از طرفی شناخت و بررسی کمی و کیفی منابع آبی از ارکان مهم و اساسی توسعه پایدار می‌باشد. مطالعه و بررسی ساختار جوامع ماکروبنتوز در اکوسیستم‌های آبی جایگاه خاصی در مطالعات اکولوژیک موجودات آبزی به خود اختصاص داده است (Dos Santos *et al*., 2011). اهمیت ماکروبنتوزها نه تنها به خاطر حضور آن‌ها در زنجیره غذایی است، بلکه وجود یا نبود برخی از گونه‌های کفزی نشان‌دهنده کیفیت آب از نظر میزان آلودگی و یا نبود آلودگی می‌باشد (شاپوری و همکاران، ۱۳۸۹). از آن جا که در اکوسیستم‌های جاری، جریان آب در هر لحظه باعث تغییر پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب می‌شود، ارزیابی رودخانه با استفاده از موجودات کفزی رودخانه که در بستر هستند، نسبت به پارامترهای فیزیک و شیمیایی مناسب‌تر است (Romachandra *et al*., 2005).

مقایسه روش‌های فیزیکی و شیمیایی و بررسی‌های زیستی، منعکس‌کننده سلامت رودخانه می‌باشد (Stefanidis *et al*., 2016).

در سال‌های اخیر ایجاد کارگاه‌های پرورش ماهی در ایران رو به افزایش است. بدیهی است که به منظور توسعه آبزی‌پروری پایدار می‌بایست عدم تداخل بین فعالیت‌های آبزی‌پروری و سایر مسائل زیست‌محیطی حاصل گردد. کارگاه‌های پرورش ماهی مواد زائد خود را بدون هیچ‌گونه فرآیند بهبود و تصفیه وارد اکوسیستم‌های آبی می‌نماید. پساب جامد حاصل از فرآیند آبزی‌پروری، شامل پساب حاصل از تجزیه مواد غذایی و مواد دفعی ماهیان بوده و مطابق تحقیقات، به ازای تولید هر تن ماهی، حدود ۰/۵ تن ماده جامد قابل رسوب تولید خواهد شد که اثرات این پساب بر اکوسیستم‌های آبی در صورتی که این مواد مستقیماً وارد محیط‌های طبیعی شوند، بسیار مهلک و خطرناک خواهد بود (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۳).

رودخانه هراز یکی از رودخانه‌های مهم حوضه جنوبی دریای مازندران بوده که هر ساله با روند فزونی احداث کارگاه‌های جدید تکثیر و پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) روبرو می‌باشد، اما به دلیل عوامل متعدد و فشارهای مضاعفی که عمدتاً توسط فعالیت‌های انسانی و به واسطه عدم شناخت دقیق و کاربری‌های نابجا، در معرض تنگناهای زیستی و اکولوژیک قرار گرفته‌اند (نصیراحمدی و همکارن، ۱۳۹۱). با توجه به اهمیت این اکوسیستم آبی چه از نظر زیست‌محیطی و چه از نظر نقش و تأثیراتی که در اقتصاد محلی و ملی دارد، شناخت و بررسی دقیق آن ضروری به نظر می‌رسد.

در حال حاضر در مسیر رودخانه هراز ۳۱ کارگاه در شاخصه اصلی و ۸ کارگاه در شاخه‌های فرعی منهتی به رودخانه، مجموعاً ۳۹ مزرعه پرورش ماهیان سردآبی فعالیت دارند که فقط در سال ۱۳۹۳؛ ۷۰۰۰ تن انواع ماهی قزل‌آلا تولید نموده‌اند (شیلات مازندران، ۱۳۹۳)؛ بنابراین با یک محاسبه ساده، این کارگاه‌ها حدود ۳۵۰۰ تن ضایعات را تولید و بدون فرآیند تصفیه وارد اکوسیستم این رودخانه می‌کنند.

در خصوص میزان و ترکیب پساب کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان و اثرات زیست‌محیطی آن‌ها بر اکوسیستم‌های آبی، مطالعات متعددی از سال‌های ۱۹۸۰ در جهان انجام شده است. در کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تقریباً ۱۰ تن پساب آلی به ازای هر ۱۰۰ تن غذای تغذیه‌شده، تولیدشده که محیط‌های آبی، ۱۵۰ الی ۳۰۰ کیلوگرم وزن خشک غذای خورده شده، ۲۵۰ الی ۳۰۰ کیلوگرم وزن خشک مدفوع برای تولید هر تن قزل‌آلا را دریافت می‌کنند(Costa-Pierce, 2002). به‌طور متوسط میزان مواد دفعی به ازای هر تن تولید ماهی ۵۱۰ کیلوگرم مواد جامد، ۱۰۸ کیلوگرم ازت و ۱۹ کیلوگرم فسفر خواهد بود (Costa-Pierce, 2002).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2025-06-18]

همان‌گونه که ذکر شد بی‌مهره‌گان کفزی (Benthos: Benthic Invertebrates)، مؤثرترین گروه بوده و امروزه از اساسی‌ترین اجزای بیولوژیک رودخانه‌ها و نهرها هستند که به کمک آن‌ها و با استفاده از ترکیب جمعیتشان و همچنین تأثیر بر گروه‌های شاخص، شرایط کیفی نهرها را مشخص می‌کنند (Stefanidis *et al*., 2016; Dos Santos, *et al*., 2011; Romachandra *et al*., 2005).

در بین اجتماعات آبزی نهرها، بی‌مهرگان کفزی در این مقوله بسیار مورد توجه هستند. زیرا بررسی خصوصیات فون کفزی، نه‌تنها ارزیابی مستقیمی از شرایط کیفی محیط آبی را فراهم می‌کند، بلکه می‌تواند انعکاس‌دهنده آشفتگی‌ها و فعالیت‌های انسانی و طبیعی حوضه اطراف باشد (Dos Santos *et al*., 2011). در واقع رودخانه‌ها و نهرهایی که تحت فشار آلودگی هستند، تنوع جانوری کمتری داشته و در آن‌ها گونه‌های مقاوم غالبیت دارند (Serra *et al*., 2016; Boehme *et al*., 2016; Stefanidis *et al*., 2016; Cao *et al*., 2016).

تعدادی از افراد متعلق راسته یک روزه‌ها (Ephemeroptera) یا راسته زود میران، نسبت به آلودگی حساسیت زیادی از خود بروز داده و از این‌رو به عنوان موجودات شاخص یا بایوانديکاتور محسوب می‌گردند (Dos Santos *et al*., 2011).

گونه‌های متعلق به راسته بهاره‌ها (Plecoptera) در زمان لاروی در تمامی زیستگاه‌های آب شیرین وجود دارند و بسیاری از آن‌ها در گروه موجودات بایوانديکاتور کیفی آب محسوب شده و شاخصی برای آب‌های تمیز می‌باشند. این گروه از موجودات آبزی غذای مناسبی برای سایر موجودات به حساب می‌آیند (Bettinetti *et al*., 2012; Serra *et al*., 2016). افراد راسته بال موداران (Trichoptera) از ساختار پیشرفته‌تری نسبت به سایر حشرات برخوردارند به طوری که بال‌ها از مو پوشیده شده است و قبل از بلوغ با زندگی در آب سازگاری یافته‌اند (Boehme *et al*., 2016). راسته دوبالان (Diptera) که "حشرات واقعی" نامیده می‌شوند (شکل ۱) و گروه‌های عمده آن Midges، Mosquitoes، Fly و Aquatic gnats می‌باشند (Boehme *et al*., 2016).

خانواده شیرونومیده (Chironomidae) از عمده‌ترین و بزرگ‌ترین خانواده‌های متعلق به این راسته است (شکل ۱) که به واسطه دارا بودن هموگلوبین، قادرند در زیستگاه‌های مختلف با اکسیژن محلول کم و یا بدون اکسیژن نیز برای مدت کوتاهی زندگی کنند. این ویژگی سبب شده که به آن‌ها کرم‌های خونی (Blood worms) اطلاق گردد (Serra *et al*., 2016).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2025-06-18]

شکل ۱: شیرونومیده Chironomidae (بالا راست)، افه‌مروپترا Ephemeroptera جنس *Ecdyunurus* sp. (بالا چپ)، تری‌کوپترا Terichoptera (پایین راست) و پلی‌کوپترا Plecoptera (پایین چپ).

از سوی دیگر، نمایه‌ای که به اختصار EPT نامیده می‌شود فقط تکیه بر گروه‌های حساس دارد و الگوی مناسبی از روند تغییرات و استرس-های وارده را بر اکوسیستم ارائه می‌دهد (Dos Santos *et al*., 2011). این نمایه از شمارش مجموع راسته یک‌روزه‌ها (افه مروپترا)، بهاره‌ها (پلیکوپترا)، و بال موداران (تریکوپترا) به دست می‌آید. نمایه EPT غنای گونه‌ها را در گروه‌های حشرات آبزی که برای حساسیت به آلودگی در نظر گرفته‌شده‌اند، نشان می‌دهد. بنابراین همزمان با افزایش کیفیت آب، جمعیت این نمایه باید افزایش می‌یابد. این نمایه در ابتدا برای شناسایی در حد گونه قابل استفاده می‌باشد؛ همچنین این نمایه برای استفاده در حد خانواده نیز معتبر است (Serra *et al*., 2016) و با تعداد کل خانواده-های موجود در این سه گروه در یک نمونه‌برداری، برابر است.

همچنین نسبت EPT به تعداد شیرونومیده نیز یکی از شاخص‌های برآوردهای ساختار جمعیتی بی‌مهرگان کفزی است و در این نمایه فراوانی EPT به شیرونومید، در واقع فراوانی جمعیت این گروه را نشان می‌دهد (Dos Santos, *et al*., 2011; Lydy *et.al*, 2000).

در دو دهه اخیر منابع زئوبنتیک برخی از رودخانه‌ها و منابع آبی ایران مورد بررسی قرار گرفته است. از جمله، منابع بنتوزی رودخانه‌های چشمه‌کیله تنکابن (عباسپور و همکاران، ۱۳۹۲)، قزل‌اوزن (نوان‌مقصودی، ۱۳۹۱)، محمدآباد گلستان (فرهنگی و تیموری‌یانسری، ۱۳۹۱)، گرگانرود (شاپوری و همکاران، ۱۳۸۹)، حله‌رود (طباطبایی و همکاران، ۱۳۸۹)، چافرود گیلان (قانع ساسان سرایی، ۱۳۸۳) و رودخانه‌های حوضه تالاب انزلی (میرزاجانی و همکاران، ۱۳۸۷) بررسی گردیده است. در پژوهشی وسیع‌تر، نادری‌جلودار و همکاران (۱۳۹۰) پاسخ بزرگ‌بی‌مهرگان کفزی رودخانه هراز به پساب ناشی از مزارع پرورش ماهی را، در محدوده‌ای مشمول ۴ مزرعه در فاصله ۲۲/۵ کیلومتر مورد مطالعه قرار دادند و میررسولی و همکاران (۱۳۹۱) تأثیر پساب کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان را بر روی بزرگ بی‌مهرگان کفزی رودخانه زرین گل (سرشاخه گرگان رود) مورد بررسی قرار دادند.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2025-06-18]

علاوه بر محیط‌های آب شیرین، مطالعات پیرامون تنوع و تغییرات جمعیت بی مهره‌گان کفزی در محیط‌های آب شور دریایی چه در سطح جهانی (Charbonnier *et al*., 2016; Renaud *et al*., 2015) و چه در آب‌های ایرانی دریای عمان (نیکویان و همکاران، ۱۳۸۳) نیز سابقه مطالعاتی دارد.

در این حال در سایر کشورها بررسی‌هایی این‌چنین بسیار متعدد می‌باشد. در مطالعه ترکیب گونه‌ای بی مهره‌گان کفزی و شرایط محیطی در نهرهای امریکای جنوبی (آرژانتین) توسط Dos Santos و همکاران (۲۰۱۱)، نمونه‌های آب و بی‌مهره‌گان کفزی در ایستگاه‌های بالادست و پایین‌دست نهر مذبور به‌طور فصلی جمع‌آوری شد. در مطالعه دیگری که در اکوسیستم‌های آب شیرین چین توسط Cao و همکاران (۲۰۱۶) انجام شد، روابط کمی بین ساختار جمعیت بی‌مهره‌گان کفزی و pH در سیستم‌های رودخانه‌ای مورد بررسی قرار گرفت و طی این مطالعه شاخه‌هایی از بی مهره‌گان کفزی که شاخص تغییرات pH می‌باشند، شناسایی شدند. ارزیابی زیستی آلودگی آلی در رودخانه‌ها با استفاده از شاخص زیستی و روش‌های چند متغیره توسط Abbaspour و همکاران (۲۰۱۳) و Zeybek وهمکاران (۲۰۱۴) یکی دیگر از این نوع بررسی‌ها می‌باشد که برای طبقه‌بندی رودخانه‌ها و شدت آلودگی آن‌ها با استفاده از شاخص زیستی رتبه‌بندی گروه کاری پایش بیولوژیک یا BMWP مخفف The Biological Monitoring Working Party به اجرا در آمد.

همه این مطالعات عملیاتی بر اساس اجتماعات "درشت بی‌مهرگان کفزی" یا ماکروبنتوزها (Macro-Benthos) و ترکیب جمعیت و پراکنش آن‌ها انجام شد. روش‌های ارزیابی کیفیت آب اکوسیستم‌های آب شیرین همچنان درحال توسعه و تکامل است به طوری که امروزه روش "ETHbios" توسط Aschalew و Moog (۲۰۰۵) ارائه شده است.

ارزیابی زیستی کیفیت آب رودخانه‌های اروپایی طی ۲۰ سال یکی دیگر از چنین مطالعاتی است که توسط Murphy و همکاران (۲۰۱۴) انجام شد و در این بررسی، اجتماعات ماکروبنتوزها به‌طور فصلی مورد مطالعه قرار گرفت و نتایج نشان داد که تغییرات در عوامل فیزیکی و شیمیایی، موجب ایجاد تغییرات در اجتماعات کفزیان می‌شود. جهت بررسی ترکیب جمعیت کفزیان و عوامل محیطی رودخانه به‌منظور ارزیابی نهرهای اروپا در سال ۲۰۰۲ توسط شرکت AQEM CONSORTIUM سیستمی تحت عنوان AQEM (Assessment Quality Ecological Macroinvertebrates) ارائه شد که به فرابینی اکولوژیکی رودخانه پرداخت.

در سال ۲۰۰۶ به منظور فرابینی آب‌های شیرین توسط Lafont و Vivier یک طرح کاربردی اجرا شد که بر مبنای استفاده از جمعیت بی‌مهرگان کفزی استوار بود. فرابینی محیط آبی با استفاده از گونه‌های تجمع‌کننده آلاینده‌ها، عنوان دیگر این نوع مطالعات می‌باشد که در سال ۲۰۰۱ توسط Ravera به اجرا در آمد. در گزارشی تحت عنوان ماکروبنتوزها در نهرهای سوئد، ساختار جمعیت، غنای گونه‌ای و روابطشان با عوامل محیطی توسط Sandin (۲۰۰۳) و Stefanidis و همکاران (۲۰۱۶) و همچنین در داخل کشور توسط Abbaspour و همکاران (۲۰۱۳) با به‌کارگیری از پروتکل گروه‌های کفزی حساس یا EPT مورد بررسی قرار گرفت و نتایج هر دو بررسی مستقل نشان داد که متغییرهای کیفی مانند پارامترهای شیمیایی و فیزیکی آب، نوع بستر و متغیرهای محلی مانند ارتفاع از سطح دریا، طول و عرض جغرافیایی نیز، برای توصیف تغییر در ساختار جمعیت و غنای گونه‌ای بی مهره‌گان کفزی مهم می‌باشد. همچنین تأثیر پساب مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر بی‌مهرگان کفزی در رودخانه کارولینای شمالی (Loch et al, 1999) نشان داد که کاهش جمعیت EPT در ایستگاه‌های آلوده به مواد آلی و برعکس افزایش گروه‌های مقاوم به آلودگی شامل خانواده‌های بیائولئوس (Biualues)، کم تاران (Oligochaeta)، سیمولیده (Simulidae) و شیرونومیده (Chironomidae) بود. نتایج مشابهی نیز از مطالعه دامنه‌دار و سه‌ساله Fries و Bowles (۲۰۰۲) در رودخانه سان مارکوز (ایالت تگزاس) منتشر شد که طی آن فراوانی گروه‌های مقاوم به آلودگی همانند شیرونومیده در ایستگاه‌های آلوده رو به افزایش و گروه‌های حساس Terichoptera، Ephemeroptera، Plecoptera درآن ایستگاه‌ها از یک کاهش نسبی برخوردار بودند.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2025-06-18]

در پژوهش کنونی، همراه با اندازه‌گیری برخی از فاکتورهای کیفی بیولوژیک آب، فون کفزیان رودخانه هراز در منطقه پلور به مدت ۶ ماه و در فصول بهار و تابستان به عنوان فصول تولید، مورد نمونه‌برداری و شناسایی قرار گرفته و تأثیر کارگاه پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر ساختار جمعیت بی‌مهرگان کفزی با مقایسه محدوده‌های ورودی و خروجی، مورد ارزیابی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

عملیات در بالادست و پایین‌دست یک کارگاه پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در رودخانه هراز (منطقه پلور، استان مازندران) و در بهار و تابستان ۱۳۹۲، که فصول آبزی‌پروری است، انجام گرفته است (شکل ۲). این کارگاه در ارتفاع ۲۶۸۵ متری از سطح دریا قرار دارد (شکل ۳). این مزرعه در زمان نمونه‌گیری، ۶۰ تن ظرفیت اسمی و ۲۶۰ تن ظرفیت واقعی تولید داشته، منبع تأمین آب آن چشمه و رودخانه با ۱۷۵ لیتر در ثانیه بود. در دوره شش‌ماهه پرورش، مزرعه با غذای دستی و روزانه ۲ تا ۳ مرتبه تغذیه شد؛ میزان غذای مصرفی روزانه در فصل بهار ۱/۵ درصد و در فصل تابستان ۳ درصد بیوماس محصول سرپا در مزرعه تنظیم شد.

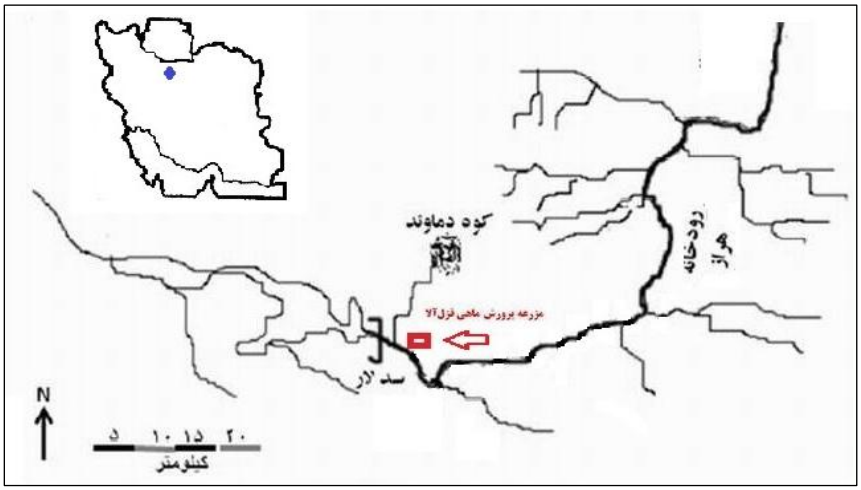
جهت مطالعه تأثیر پساب کارگاه پرورش ماهی قزل‌آلا بر اکوسیستم رودخانه، ایستگاه شاهد در نزدیک‌ترین فاصله ممکن قبل از مزرعه و ایستگاه بعدی در فاصله ۵۰ الی ۱۰۰ متری، جایی که آب خروجی مزرعه با آب رودخانه مخلوط می‌شود، تعیین شدند. بنابراین با استفاده از نقشه رودخانه هراز و با توجه به اطلاعاتی که درزمینه موقعیت کارگاه پرورش ماهی در رودخانه وجود داشت، یک ناحیه اکولوژیک (EZ: Ecological Zone) تعیین شد (Hauer and Lambert, 1996).

نمونه‌برداری از ماکروبنتوزهای هر ایستگاه به مدت ۶ ماه و در دو فصل بهار و تابستان انجام گرفت. برای جمع‌آوری نمونه‌ها، از نمونه‌بردار سوربر به مساحت ۱ فوت مربع (حدوداً به ابعاد ۳۰/۵ در ۳۰/۵ سانتی‌متر مربع) و با چشمه تور ۳۶۰ میکرون استفاده گردید (Bettinetti *et al.*, 2012). در هر ایستگاه از سه‌نقطه به‌عنوان ایستگاه‌های فرعی در دو کرانه و وسط رودخانه نمونه‌برداری صورت گرفت و دستگاه نمونه‌بردار در جهت خلاف آب رودخانه مستقر گردید.

در داخل کادر نمونه‌برداری، ابتدا سنگ‌ها به‌آرامی و با دست‌شسته شده تا موجودات و مواد چسبنده به آن جدا شده و همراه با جریان آب به داخل توری قیفی هدایت شوند. درنهایت کف بستر رودخانه در داخل کادر تا عمق ۵ تا ۱۰ سانتی‌متری به آرامی به هم‌زده تا در صورت وجود موجودات روانه قیف گردند. محتویات درون توری داخل یک ظرف فایبرگلاس یک لیتری ریخته شده و با فرمالین ۴ درصد فیکس گردید (Lydy *etal.*, 2000).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2025-06-18]

شکل ۲: نمای بالادست (ورودی، الف) و پائین دست (خروجی، ب) مزرعه قزل‌آلای رنگین‌کمان (رودخانه هراز، منطقه پلور، مازندران).



شکل ۳: نقشه موقعیت مزرعه مورد مطالعه (رودخانه هراز، منطقه پلور، مازندران).

در آزمایشگاه، نمونه‌های جمع‌آوری‌شده به داخل یک الک آزمایشگاهی با قطر چشمه ۵۰۰ میکرون مورد شستشو قرار گرفتند و با شسته شدن ذرات ریز، مواد آلی و فرمالین، تحت جریان ملایم آب قرار داده شدند. سپس محتوای الک به داخل سینی‌های مسطح ست تشریح بارنگ

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2025-06-18]

زمینه سفید انتقال یافته و زیر نور از مواد زمینه جداسازی شدند. پس از جداسازی ماکروبنتوزها، شناسایی در سطح راسته و خانواده با استفاده از کلیدهای شناسایی Pennak (۱۹۵۳)، Needham (۱۹۷۶) و Edmonson (۱۹۵۹) و با روش توصیه شده توسط Hauer و Lambert (۱۹۹۶) صورت پذیرفت.

اطلاعات جمع‌آوری‌شده توسط برنامه نرم‌افزاری Excell 2003 آنالیز و دسته‌بندی شد و درنهایت بررسی جمعیت ماکروبنتوزها و مطالعه روند تغییرات هر یک از گروه‌های موجودات کفزی در مکان‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت.

علاوه بر ساختار جمعیتی ماکروبنتوزها، نمایه‌های EPT و EPT/CHIR، درصد Hydropsychidae و درصد Baetidae به‌عنوان شاخص‌های مهم بایواندیکارتور جهت ارزیابی کیفی آب ناحیه منطقه اکولوژیک مورد مطالعه و محاسبه قرار گرفتند (Needham, 1976; Hauer and Lambert, 1996; Lydy *et al.*, 2000).

نمایه EPT شاخصی است که فقط تکیه بر گروه‌های حساس با آلودگی دارد و الگوی مناسبی از روند تغییرات و استرس‌های وارده را بر اکوسیستم ارائه می‌دهد (Lydy *et al.*, 2000; Lenat, 1993) و همان‌گونه که ذکر شد این نمایه از شمارش مجموع راسته‌های یک‌روزه‌ها (افه مروپترا: E)، بهاره‌ها (پلیکوپترا: P)، و بال موداران (تریکوپترا: T) به دست می‌آید.

نمایه نسبت EPT/CHIR یا نسبت EPT به تعداد شیرونومیده که به‌عنوان یکی از شاخص‌های برآوردهای ساختار جمعیتی بی‌مهرگان کفزی شناخته می‌شود و در آن فراوانی EPT به شیرونومید فراوانی نسبی جمعیت را نشان می‌دهد (Dos Santos *et al*., 2011; Lydy *et al*, 2000).

نتایج

در کل بررسی انجام شده، تعداد ۴۸۶۸۵/۹ فرد موجود طی دو فصل نمونه‌برداری بهار و تابستان از فون ماکروبنتیک منطقه مورد مطالعه، در ۷ راسته و ۱۲ خانواده شناسایی شدند (جداول ۱ تا ۳). درمجموع بیشترین فراوانی مربوط به راسته یک‌روزه‌ها یا Ephemeroptera با ۱۹/۹۸ درصد بود که در ورودی بالادست و خروجی پایین‌دست کارگاه به ترتیب با ۲۳/۳۵ و ۱۶/۶۳ درصد غالب بوده‌اند.

راسته بعدی مربوط به بالموداران یا Terichoptera با مجموع فراوانی ۱۲۰۵۴/۹ برآورد شد که در ورودی مزرعه با ۱۵/۶۶درصد و در خروجی آن، با ۸/۴۵ درصد محاسبه شدند (جدول ۳).

فراوانی گروه‌های حساس به آلودگی آلی یا EPT (مجموع افه‌مروپترا، پلی‌کوپترا و تری‌کوپترا)، در ایستگاه ورودی با ۷۸/۲۱ درصد و در خروجی با ۵۰/۲۲ درصد به دست آمد و برعکس، خانواده شیرونومیده که بی‌مهرگان کفزی مقاوم به آلودگی هستند، در ورودی با فراوانی ۱۰/۵۲ درصد در بالادست و ۲۳/۸۱ درصد در پایین دست تعیین شدند (جدول ۳).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2025-06-18]

جدول ۱: فراوانی تعداد ماکروبنتوزها در منطقه پلور رودخانه هراز در فصل بهار.

ایستگاه‌ها / نوع ماکروبنتوزها		ورودی (بالادست)			خروجی (پایین‌دست)		
راسته	خانواده	فراوانی در نمونه	فراوانی در مترمربع	درصد فراوانی	فراوانی در نمونه	فراوانی در مترمربع	درصد فراوانی
Ephemeroptera	Baetidae	۳۸۹	۴۳۱۷/۹	۵۰/۵۴	۲۹۰	۳۲۱۹	۳۵/۵۸
	Heptagenidae	۲۱	۲۳۳/۱	۲/۷۲	۱۲	۱۳۳/۲	۱/۴۷
Terichoptera	Hydropsychidae	۱۵۱	۱۶۷۶/۱	۱۹/۵۸	۱۱۲	۱۲۴۳/۲	۱۳/۷۴
	Glossosomatidae	۱۴	۱۵۵/۴	۱/۸۱	۶	۶۶/۶	۰/۷۳
Plecoptera	Perlidae	۴	۴۴/۴	۰/۵۱	۱	۱۱/۱	۰/۱۲
Coloeptera	Elmidae	۵	۵۵/۵	۰/۶۴	۲	۲۲/۲	۰/۲۴
Hemiptera	Corixidae	۱	۱۱/۱	۰/۱۲	۰	۰	۰
Diptera	Chironomidae	۹۹	۱۰۹۸/۹	۱۲/۸۴	۲۳۸	۲۶۴۱/۸	۲۹/۲
	Simulidae	۲۷	۲۹۹/۷	۳/۵۰	۴۲	۴۶۶/۲	۵/۱۵
	Belphorceridae	۱۵	۱۶۶/۵	۱/۹۴	۲۳	۲۵۵/۳	۲/۸۲
	Tipulidae	۱۹	۲۱۰/۹	۲/۴۷	۵۰	۵۵۵	۶/۱۳
Oligochaeta	Lumbriculidae	۲۶	۲۸۸/۶	۳/۳۷	۳۹	۴۳۲/۹	۴/۷۸

جدول ۲: فراوانی تعداد ماکروبنتوزها در منطقه پلور رودخانه هراز در فصل تابستان.

ایستگاه‌ها / نوع ماکروبنتوزها		ورودی (بالادست)			خروجی (پایین‌دست)		
راسته	خانواده	فراوانی در نمونه	فراوانی در مترمربع	درصد فراوانی	فراوانی در نمونه	فراوانی در مترمربع	درصد فراوانی
Ephemeroptera	Baetidae	۶۷۰	۷۴۳۷	۴۱/۴۶	۳۴۴	۳۸۱۸/۴	۲۹/۰۵
	Heptagenidae	۳۵	۳۸۸/۵	۲/۱۶	۱۹	۲۱۰/۹	۱/۶۰
Terichoptera	Hydropsychidae	۵۵۶	۶۱۷۱/۶	۳۴/۴۰	۲۰۵	۲۲۷۵/۵	۱۷/۳۱
	Glossosomatidae	۲۷	۲۹۹/۷	۱/۶۷	۱۵	۱۶۶/۵	۱/۲۶
Plecoptera	Perlidae	.	۰	۰	۰	۰	۰
Coloeptera	Elmidae	۲۱	۲۳۳/۱	۱/۲۹	۹	۹۹/۹	۰/۷۶
Hemiptera	Corixidae	۹	۹۹/۹	۰/۵۵	۳	۳۳/۳	۰/۲۵
Diptera	Chironomidae	۱۵۲	۱۶۸۷/۲	۹/۴۰	۲۳۸	۲۶۴۱/۸	۲۰/۱۰
	Simulidae	۳۸	۴۲۱/۸	۲/۳۵	۸۲	۹۱۰/۲	۶/۹۲
	Belphorceridae	۳۱	۳۴۴/۱	۱/۹۱	۶۵	۷۲۱/۵	۵/۴۸
	Tipulidae	۴۹	۵۴۳/۹	۳/۰۳	۱۳۵	۱۴۹۸/۵	۱۱/۴۰
Oligochaeta	Lumbriculidae	۲۸	۳۱۰/۸	۱/۷۳	۶۹	۷۶۵/۹	۵/۸۲

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2025-06-18]

جدول ۳: فراوانی تعداد ماکروبنتوزها در ناحیه اکولوژیک (EZ) پلور رودخانه هراز در مجموع فصل‌های بهار و تابستان.

ایستگاه‌ها / نوع ماکروبنتوزها		ورودی (بالادست)			خروجی (پایین‌دست)		
راسته	خانواده	فراوانی در نمونه	فراوانی در مترمربع	درصد فراوانی	فراوانی در نمونه	فراوانی در مترمربع	درصد فراوانی
Ephemeroptera	Baetidae	۱۰۵۹	۱۱۷۵۵	۴۴/۳۷	۶۳۴	۷/۳۷	۳۱/۷۱
	Heptagenidae	۵۶	۶۲۱/۶۰	۲/۳۴	۳۱	۳۴۴/۱۰	۱/۵۵
Terichoptera	Hydropsychidae	۷۰۷	۷۸۴۸	۲۹/۶۲	۳۱۷	۳۵۱/۷۰	۱۵/۸۵
	Glossosomatidae	۴۱	۴۵۵/۱۰	۱/۷۱	۲۱	۲۳۳/۱۰	۱/۰۵
Plecoptera	Perlidae	۴	۴۴/۴۰	۰/۱۶	۱	۱۱/۱۰	۰/۰۵
Coloeptera	Elmidae	۲۶	۲۸۸/۶۰	۱/۰۸	۱۱	۱۲۲/۱۰	۰.۵۵
Hemiptera	Corixidae	۱۰	۱۱۱	۰/۴۱	۳	۳۳/۳۰	۰/۱۵
Diptera	Chironomidae	۲۵۱	۲۷۸۶	۱۰/۵۲	۴۷۶	۵۲۸۴	۲۳/۸۱
	Simulidae	۶۵	۷۲۱/۵۰	۲/۷۲	۱۲۴	۱۳۷۶	۶/۲۰
	Belphorceridae	۴۶	۵۱۰/۶۰	۱/۹۲	۸۸	۹۷۶/۸۰	۴/۴۰
	Tipulidae	۶۸	۷۵۴/۸۰	۲/۸۴	۱۸۵	۲۰۵۴	۹/۲۵
Oligochaeta	Lumbriculidae	۵۴	۵۹۹/۴۰	۲/۲۶	۱۰۸	۱۱۹۹	۵/۴۰

در رابطه با بررسی جمعیت ماکروبنتوزها علاوه بر اهمیت مطالعه روند تغییرات آن‌ها، به دلیل تنوع بالا و تعداد این موجودات، معمولاً از نشانگرهای ساختار جمعیتی استفاده گردید:

در جداول ۴ تا ۶ مقادیر متوسط ساختار جمعیتی ماکروبنتوزها در فصول بهار و تابستان و مجموع سالانه سنجه EPT در مدت بررسی آمده است. نتایج نشان داد فراوانی EPT در پایین دست مزرعه و درواقع بخش خروجی آن، از فراوانی کمتری برخوردار بوده است.

نسبت EPT/CHIR مربوط به فراوانی افراد متعلق به ۳ گروه حساس (فراوانی EPT) به فراوانی افراد متعلق به خانواده شیرونومیده (CHIR) در جدول‌های ۴ تا ۶ نشان داده شده‌است. همان‌گونه که ذکر شد این نمایه (EPT/CHIR) از تقسیم نمایه قبل به تعداد خانواده شیرونومید از راسته دوبالان به دست می‌آید. نمایه فوق نیز در مناطق بالادست و پایین‌دست مزرعه از مقادیر متفاوتی برخوردار بود، بطوری‌که مقدار آن در فصل بهار، تابستان و در مجموع در پایین دست مزرعه کمتر از بالادست آن برآورد شد.

جدول ٤: برخی نمایه‌های ماکروبنتوزها در منطقه پلور رودخانه هراز در فصل بهار.

سنجه‌ها / ایستگاه‌ها	کل فراوانی ماکروبنتوزها در مترمربع	درصد فراوانی EPT	نسبت EPT/CHIR	درصد Baetidae	درصد Hydropsychidae
بالادست	۸۵۵۸/۱۰	۷۵/۰۹	۵/۸۴	۵۰/۴۵	۱۹/۵۸
پایین‌دست	۹۰۴۶/۵۰	۶۰/۸۳	۳/۶۶	۲۳/۱۸	۱۳/۷۴

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2025-06-18]

جدول ۵: برخی نمایه‌های ماکروبنتوزها در منطقه پلور رودخانه هراز در تابستان.

سنجه‌ها / ایستگاه‌ها	کل فراوانی ماکروبنتوزها در مترمربع	درصد فراوانی EPT	نسبت EPT/CHIR	درصد Baetidae	درصد Hydropsychidae
بالادست	۱۷۹۳۷/۹۰	۷۹/۷۳	۸/۴۷	۴۱/۴۶	۳۴/۴۰
پایین‌دست	۱۳۱۴۲/۴۰	۴۹/۲۳	۲/۴۴	۲۳/۱۸	۱۷/۳۱

جدول ٦: برخی نمایه‌های ماکروبنتوزها در منطقه پلور رودخانه هراز درمجموع دو فصل بهار و تابستان.

سنجه‌ها / ایستگاه‌ها	کل فراوانی ماکروبنتوزها در مترمربع	درصد فراوانی EPT	نسبت EPT/CHIR	درصد Baetidae	درصد Hydropsychidae
بالادست	۲۶۴۹۶	۷۸/۲۱	۷/۴۳	۴۴/۳۷	۲۹/۶۲
پایین‌دست	۲۲۱۸۸/۹۰	۵۰/۲۲	۲/۱۰	۲۷/۵۸	۱۵/۸۵

بحث و نتیجه‌گیری

در بررسی انجام شده پیرامون ترکیب جمعیت ماکروبنتوزها، لارو حشرات آبزی، موجودات غالب فون کفزیان منطقه پلور – رودخانه هراز را در منطقه مورد مطالعه تشکیل داده‌اند. محققان متعددی در مطالعات خود به غالب بودن لارو حشرات آبزی در ترکیب کفزیان اکوسیستم رودخانه‌ها و نهرها اشاره نموده‌اند (Abbaspour *et al*., 2013; Zeybek *et al*., 2014; Aschalew and Moog, 201); Prouty *et al*.,(201); Stefanidis *et al*., 2016; Serra *et al*., 2016; Boehme *et al*., 2016; Stefanidis *et al*., 2016; Cao *et al*., 2016). در غالب این مطالعات مهم‌ترین تأثیر پساب مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر بی‌مهرگان کفزی رودخانه‌های آب شیرین کاهش جمعیت گروه‌های حساس (EPT) در ایستگاه‌های آلوده به مواد آلی و برعکس افزایش گروه‌های مقاوم به آلودگی به ویژه خانواده‌های بیائولئوس (Biualues)، کم تاران (Oligochaeta)، سیمولیده (Simulidae) و شیرونومیده (Chironomidae) گزارش گردید.

نتایج پژوهش کنونی نیز حاکی است در بین گروه‌های حساس، شدت تغییرات خانواده‌ها متفاوت بود؛ به طوری که خانواده Baetidae شدت تغییرات بیشتری نسبت به خانواده Hydropsychidae در دوسوی مزرعه داشت (جدول ۱). بنابراین خانواده Hydropsychidae در مقایسه با خانواده Baetidae نسبت به مواد آلی ناشی از فعالیت کارگاه پرورش ماهی مقاوم‌تر بود. در بررسیFries و Bowles (۲۰۰۲)، نادری‌جلودار و همکاران (۱۳۹۰) و میررسولی و همکاران (۱۳۹۱) نیز همانند پژوهش حاضر، پساب مزرعه پرورش قزل‌آلا موجب فراوانی گروه-های مقاوم به آلودگی همانند شیرونومیده گردید و درعوض گروه‌های حساس همانند Terichoptera، Ephemeroptera و Plecoptera دچار کاهش شدند. همچنین قانع ساسان سرایی (۱۳۸۳) مطالعه‌ای در رودخانه چافرود گیلان انجام داده که طی آن گزارش نموده که کارگاه-های پرورش ماهی قزل‌آلا در این رودخانه سبب کاهش گروه‌های حساس (EPT) و افزایش گروه‌های مقاوم شامل Diptera (عمدتاً خانواده-هایChironomidae و Simulidae) گردید.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2025-06-18]

در بررسی حاضر نیز ماکروبنتوزهای مقاوم به آلودگی‌های آلی در منطقه پایین‌دست مزرعه دارای درصد فراوانی بیشتری نسبت به بالادست مزرعه بوده‌اند و برعکس گروه‌های حساس به آلودگی از درصد فراوانی کمتری برخوردار بودند. بدین ترتیب که درصد فراوانی گروه‌های مقاومی چون Simulidae و Chironomidae در منطقه پایین‌دست مزرعه نسبت به بالادست آن بیشتر به دست آمده است. به‌عنوان مثال درصد فراوانی گروه‌های Chironomidae ۱۰/۵۲ در بالادست و ۲۳/۸۱ در پایین‌دست می‌باشد و گروه‌های حساس(EPT) در بالادست ۱۸/۲۱ و در پایین‌دست ۵۰/۲۲ درصد می‌باشند. این موضوع بااینکه در هر دو فصل بهار و تابستان صدق می‌کند، ولی شدت تغییرات در میزان فراوانی گروه-های بیان شده در قبل و بعد از کارگاه، در فصل تابستان به دلیل تشدید فعالیت بیشتر مزرعه بیشتر از فصل بهار بوده است. نادری‌جلودار و همکاران (۱۳۹۰) و میررسولی و همکاران (۱۳۹۱) نیز نتایج مشابهی را پیرامون تأثیر پساب مزارع پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان بر روی تغییرات جمعیت ماکروبنتوزهای رودخانه در مناطق مختلف گزارش نمودند.

در مطالعه حاضر با توجه به ساختار جمعیت بی‌مهرگان کفزی در رودخانه هراز در منطقه پلور، برای تعیین شدت تغییرات و ارزیابی تأثیرات مزرعه پرورش ماهی و کیفیت آب رودخانه از سنجه‌های جمعیتی EPT و نسبت EPT/CHIR استفاده گردید:

همان‌گونه که ذکر شد شاخص EPT با شناسایی و تجمیع تعداد گروه‌های کفزی حساس الگوی مناسبی برای ارزیابی روند تغییرات و تنش‌های وارده بر اکوسیستم است (Aschalew and Moog, 2015; Prouty *et al*., 2016) همچنین Abbaspour و همکاران (۲۰۱۳) اشاره کردند که استفاده از تعداد خانواده‌های نمایه EPT روش مناسبی برای ارزیابی زیستی رودخانه‌ها در کشورهای در حال توسعه می-باشد. به‌عنوان مثال بر اساس مطالعه صورت گرفته بر رودخانه سان مارکوز تگزاس درصد فراوانی Ephemeroptera و Terichoptera در پایین دست کارگاه پرورش ماهی قزل‌آلا (۱۷۵ متر بلافاصله بعد از کارگاه) نسبت به بالادست کارگاه (۹۰ متر قبل از کارگاه) کمتر برآورد گردید، به‌طوری‌که که درصد Ephemeroptera و Terichopter در پایین‌دست کارگاه در ماه اکتبر (مهرماه)، برابر با ۷ و در بالادست آن ۱۳/۷درصد بود و نیز در ماه جولای (تیرماه سال بعد) درصد فراوانی آن‌ها در پایین‌دست ۱۴/۴ و در بالادست ۳۵/۲ درصد گزارش گردید (Stefanidis *et al*., 2016؛ Fries و Bowles، ۲۰۰۲). در بررسی حاضر نیز درصد فراوانی EPT در پایین‌دست مزرعه (با ۵۰/۲۲ درصد) کمتر از بالادست (با ۷۸/۲۱ درصد) بوده است (جدول ۶). شدت تغییرات این نمایه در فصل تابستان بیشتر از بهار بوده است که با یافته‌های Fries و Bowles، ۲۰۰۲ و نیز Stefanidis و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت دارد.

در بررسی حاضر مقدار نمایه نسبت EPT/CHIR همانند EPT در ایستگاه‌های پایین‌دست (خروجی آب مزرعه) کمتر از ایستگاه‌های بالادست (ورودی) بوده به طوری که مقدار آن در پایین‌دست ۲/۱۰ درصد و در بالادست ۷/۴۳ درصد بوده است (جدول ۶). این موضوع در فصل بهار و تابستان نیز از چنین روندی برخوردار بوده ولی شدت تغییرات آن در تابستان بیشتر از بهار بود. نتایج بررسی حاضر با نتایج گزارش شده توسط قانع ساسان سرایی (۱۳۸۳) در رودخانه چافرود و گزارش Loch و همکاران (۱۹۹۹) در رودخانه کارولینای شمالی مطابقت دارد و پیش از این نیز در منابع تحقیقاتی معرفی شده بود (Rosenberg, 2004; Pillay, 2007).

با توجه به نتایج پژوهش کنونی و از آنجائی که بار آلی خوراک دستی ماهی بیشتر از خوراک کنسانتره می‌باشد، لذا بهتر است در غذادهی به ماهی، تمامی مزارع از خوراک کنسانتره باکیفیت مطلوب استفاده نمایند. از سوی دیگر با توجه به اینکه پساب کلیه کارگاه‌ها و همچنین فاضلاب‌های رستوران‌ها، روستاها و واحدهای صنعتی حاشیه منطقه پلور رودخانه هراز به‌طور مستقیم وارد اکوسیستم رودخانه می‌گردد، لازم است کلیه واحدهای مذکور از سیستم‌های مجهز به تصفیه پساب و فاضلاب استفاده نماید.

نمایه EPT/CHIR در مناطق بالادست و پایین‌دست مزرعه از مقادیر متفاوتی برخوردار بوده به‌طوری‌که مقدار آن در فصل بهار، تابستان و در مجموع در پایین‌دست مزرعه کمتر از بالادست آن برآورد شد. معمولاً در رودخانه‌ها و نهرهایی که شرایط زیستی مناسب و غیرآشفته دارند، توازن متعادلی بین چهار گروه مهم از حشرات آبزی شامل Ephemeroptera، Diptera، Tricoptera و Plecoptera برقرار است.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2025-06-18]

افزایش غیرعادی تعداد شیرونومیده نسبت به موجودات حساس که کاهش نسبت EPT/CHIR را در پی دارد، نشان‌دهنده استرس محیطی می‌باشد.

نکته مهم دیگر فواصل بسیار نزدیک مزارع پرورش ماهیان سردآبی از یکدیگر در رودخانه هراز است. به نظر می‌رسد فواصل تعیین شده فعلی در رودخانه هراز مبنای علمی ندارد، بنابراین لازم است در این خصوص مطالعات کامل‌تری صورت گیرد و سپس فواصل مزارع نیز مطابق آن تعیین گردد. در پژوهش کنونی نیز همان‌گونه که پیش از این در سوابق اظهار شده بود

(Murphy *et al*, 2014; Fries and Bowles, 2002; Loch *et al*, 1999)، مشخص شد که پساب کارگاه‌های پرورشی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، یکی از عوامل مؤثر در تغییر ساختار و جمعیت کفزیان می‌باشد که در نتیجه آن می‌تواند منجر به افزایش گروه‌ها مقاوم و کاهش گروه‌های حساس و درنهایت برهم خوردن ترکیب کفزیان منطقه گردد. همچنین با توجه به اهمیت ساختار جمعیتی بزرگ بی‌مهرگان کفزی در تعیین کیفیت آب و حساسیت متفاوت آن‌ها به آلودگی‌ها، شناسایی این دسته از اجتماعات آبزی در سطوح جنس و گونه ضروری است.

در این مطالعه که در فصول بهار و تابستان صورت گرفت، ۷ راسته از ماکروبنتیک‌ها شناسایی شد. بیشترین تأثیر آلودگی مزرعه بر روی ۳ راسته Ephemeropterta، Terichoptera و Plecoptera که به گروه حساس EPT معروف هستند دیده شده و موجب کاهش جمعیت آن‌ها گردید. برعکس، جمعیت خانواده شیرونومیده (Chironomidae) که بی‌مهرگان کفزی مقاوم به آلودگی هستند، افزایش پیدا کرده بود. بنابر تحلیل داده‌های مطالعه، احداث کارگاه پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در منطقه پلور رودخانه هراز، بر روی غنای گونه‌ای و تعداد ماکروبنتوزها مؤثر است.

منابع

اسماعیلی ساری، ع.، ۱۳۸۳. هیدروشیمی: بنیان آبزی‌پروری. انتشارات اصلانی، ۲۵۰صفحه.

اسماعیلی ساری، ع.، ۱۳۸۱. آلاینده‌ها بهداشت و استاندارد در محیطزیست. انتشارات نقش مهر، ۴۵۶ ص.

عباسپور، ر.، حسن‌زاده، ح.، علیزاده ثابت، ح.ر.، هدایتی‌فرد، م. و مسگران کریمی، ج.، ۱۳۹۲. بررسی کیفی آب رودخانه چشمه کیله با استفاده از جوامع درشت بی‌مهرگان کفزی و فاکتورهای فیزیک و شیمیایی آب. نشریه توسعه آبزی‌پروری، ۷(۴): ۵۶-۴۳.

فرهنگی، م. و تیموری یانسری، م.، ۱۳۹۱. شناسایی بزرگ بی‌مهرگان (بنتوز) رودخانه محمدآباد (استان گلستان). محیطزیست جانوری، ۴(۲): ۵۶-۵۱.

قانع ساسان‌سرایی، ا.، ۱۳۸۳. شناسایی ساختار جمعیت ماکروبنتوزهای رودخانه چافرود در استان گیلان با توجه به برخی عوامل کیفی آب (در محدوده روستای اورمان ملال). پایان‌نامه کارشناسی ارشد شیلات، دانشگاه تربیت مدرس، ۹۸ صفحه.

شاپوری، م.، ذوالریاستین، ن. و آذرباد، ح.، ۱۳۸۹. ارزیابی سریع کیفیت آب رودخانه گرگانرود بر پایه شاخص‌های زیستی. فصلنامه علوم و فنون منابع طبیعی، ۵(۳): ۱۲۹-۱۱۵.

شیلات مازندران، ۱۳۹۳. کتابچه عملکرد سالانه. اداره کل شیلات استان مازندران، ۱۲۰ صفحه.

طباطبایی، ط.، امیری، ف.، پذیرا، ا .و ممبینی، ش.، ۱۳۸۹، مطالعه ساختار و تنوع اجتماعات ماکروبنتیک رودخانه حله. مجله بیولوژی دریا، ۲(۱): ۴۶-۳۷.

نادری‌جلودار، م.، عبدلی، ا.، میرزاخانی، م.ک. و شریفی‌جلودار، ر.، ۱۳۹۰. پاسخ بزرگ‌بی‌مهرگان کفزی رودخانه هراز به پساب مزارع پرورش ماهی قزل-آلای رنگین‌کمان. مجله شیلات (منابع طبیعی ایران)، ۶۴(۲): ۱۷۶-۱۶۳.

نصیراحمدی، ک.، یوسفی، ذ. و ترسلی، ا.، ۱۳۹۱. پهنه‌بندی کیفیت آب رودخانه هراز بر اساس شاخص NSFWQI، مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران. ۲۲(۹۲): ۷۲-۶۴.

نوان‌مقصودی، م.، ۱۳۹۱. بررسی کفزیان رودخانه قزل اوزن استان زنجان. مجله علمی شیلات ایران. ۲۱(۴): ۱۳۸-۱۲۵.

نیکویان، ع.ر.، کرمی، م. و میردار، ج.، ۱۳۸۳. بررسی فراوانی میوبنتوزها و ارتباط آن‌ها با وضعیت رسوبات بستر در خورهای شمالی استان بوشهر. مجله علمی شیلات ایران. ۱۳(۲): ۱۶۲-۱۵۱.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2025-06-18]

میررسولی، ا.، نظامی، ش.ع.، خارا، ح. و قربانی، ر.، ۱۳۹۱. تأثیر پساب کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) بر روی بزرگ بی‌مهرگان کفزی رودخانه زرین گل. مجله توسعه آبزی‌پروری. ۲(۴): ۹۲-۸۱.

میرزاجانی، ع.، قانع ساسان‌سرایی، ا. و خداپرست‌شریفی، ح.، ۱۳۸۷. ارزیابی کیفی رودخانه‌های منتهی به تالاب انزلی بر اساس جوامع کفزیان. مجله محیط‌شناسی. دوره ۳۴ (۴۵): ۳۸-۳۱.

AQEM CONSORTIUM, 2002. Manual for the application of the AQEM System. A comprehensive method to assess European streams using Benthic Macroinvertebrates, developed for the purpose of the Water Framework Directive. Version 1.0, February 2002. – 106 p.

Aschalew L. and Moog, O., 2015. Benthic macroinvertebrates based new biotic score "ETHbios" for assessing ecological conditions of highland streams and rivers in Ethiopia. Limnologica - Ecology and Management of Inland Waters, 52: 11-19.

Abbaspour, R., Hedayatifard, M., Alizadeh Sabet, HR., Hassanzadeh, H., and Mesgaran Karimi, J., 2013. Bioassessment of Macrobenthic Fauna of the Cheshmeh Kileh River, Northern Iran. American-Eurasian Journal of Agriculture & Environmental Science. 13 (6): 747-753.

Boehme, E.A., Zipper, C.E., Schoenholtz, S.H., Soucek, D.J. and Timpano, A.J., 2016. Temporal dynamics of benthic macroinvertebrate communities and their response to elevated specific conductance in Appalachian coalfield headwater streams. Ecological Indicators, 64: 171–180.

Bronmark, Ch., and Hansson, L.A., 2005, The Biology of Lakes and ponds. Oxford university press. 338p.

Bettinetti, R., Ponti, B., Marziali, L. and Rossaro, B., 2012. Biomonitoring of lake sediments using benthic macroinvertebrates, TrAC Trends in Analytical Chemistry. 36: 92–102.

Cao, Y., Wang, B., Zhang, J., Wang, L., Pand, Y., Wang, Q., Jianf, D. and Dengf, G., 2016. Lake macroinvertebrate assemblages and relationship with natural environment and tourism stress in Jiuzhaigou Natural Reserve. China. Ecological Indicators. 62: 182-190.

Charbonnier, C., Lavesque, N., Anschutz, P., Bachelet, G. and Lecroart, P., 2016. Role of macrofauna on benthic oxygen consumption in sandy sediments of a high-energy tidal beach. Continental Shelf Research. 120: 96–105.

Costa-Pierce, B.A., 2002. Ecological Aquaculture: The Evolution of the Blue Revolution. Department of Fisheries. Animal and Veterinary Science. University of Rholde Island, 501 p.

Dos Santos, D.A., Molineri, C., Reynaga, M. C. and Basualdo, C., 2011 . Which index is the best to assess stream health? Ecological Indicator. 11(2): 582–589.

Edmonson, W.T., 1959. Freshwater Biology. John Willey and Sons Inc, U.S.A. 1248 p.

Fries, L.T. and Bowles, D.E., 2002. Water quality and macroinvertebrate community structure associated with a sportfish hatchery outfall. North American Journal of Aquaculture. 64(4): 257-

Hauer, F.R. and Lambert G.A., (eds.) 1996. Methods in stream ecology. Academic Press. San Diego, CA. 896p.

Lafont, M. and Vivier, A., 2006. Oligochaete assemblages in the hyporheic zone and coarse surface sediments: their importance for understanding of ecological functioning of watercourses. Hydrobiologia. 564: 171-181.

Lenat, D., 1993. A biotic index for southeastern United States, derivation and list of tolerance values with criteria for assessing water quality ratings. JNABS, 12: 179-290.

Loch, D. D., West, J. L. and Perlmutter, D.G., 1999. The effect of trout farm effluent on the taxa richness of benthic macroinvertebrates, Aquaculture. 147: 37-55.

Lydy, M. J., Crawford, C.G. and Fery, J.W., 2000. A comparison of selected diversity. Similarity and biotic indices for detecting changes in benthic-invertebrate community structure and stream quality. Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 39: 469-479.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2025-06-18]

Murphy, J.F., Winterbottom, J.H., Orton, S., Simpson, G.L., Shilland, E.M. and Hildrew, A.G., 2014. Evidence of recovery from acidification in the macroinvertebrate assemblages of UK fresh waters: A 20-year time series, Ecological Indicators (Threats to upland waters). 37. Part B: 330–340.

Needham, J.G., 1976. A guide to the study of freshwater biology. Holden Sanfrancisco. 107 p.

Renaud, P.E., Sejr, M.K., Bluhm, B.A., Sirenko, B. and Ellingsen, I.H., 2015. The future of Arctic benthos: Expansion, invasion, and biodiversity, Progress in Oceanography (Overarching perspectives of contemporary and future ecosystems in the Arctic Ocean). 139: 244–257.

Pennak, R.W., 1953. Freshwater invertebrates of the United States. The Ronald Press Company. 769 p.

Pillay, T.V.R., 2007. Aquaculture and the environment. Former Programmed. Fishing News Books. Blackwell publishing. Ltd. 196p.

Prouty, N.G., Campbell, P.L., Mienis, F., Duineveld, G., Demopoulos, A.W.J. Ross, S.W. and Brooke, S., 2016. Impact of Deepwater Horizon spill on food supply to deep-sea benthos communities. Estuarine Coastal and Shelf Science. 169: 248–264.

Rackville, M.D., 2006. Statgraphics Plus for Windows. Statgraphics Plus for Windows User's Manual. Manugistics Inc.

Ravera, O., 2001. A comparison between diversity, similarity and biotic indices applied to the macroinvertebrate community of a small stream: The Ravella river (Como Province, Northhern Italy). Aquatic Ecology. 35: 97-107.

Romachandra, T.V., Ahalya, N. and Murthy, C.R., 2005. Aquatic ecosystems conservation, restoration and management. Capital Publishing Company. New Delhi, pp. 27-50

Rosenberg, D.M., 2004. Biological Monitoring of freshwater-benthic Macro invertebrate, Background. Diversity and Biotic Index: Taxa tolerance values. Soil and water conservation society of metro Halifax (SWCSMH). Entomological Society of America. 30: 144-152.

Sandin, L., 2003. Benthic macroinvertebrates in Swedish Stream: Community Structure. Taxon Richness and Environmental Relations. Echography, 26(3): 263-280.

Serra, Sóni R.Q., Cobo, F., Graça, MAC., Doléded, S. and Feio, M.J., 2016. Synthesising the trait information of European Chironomidae (Insecta: Diptera): Towards a new database. Ecological Indicators. 61: 282–292.

Stefanidis, K., Panagopoulos, Y. and M. Mimikou, 2016. Impact assessment of agricultural driven stressors on benthic macroinvertebrates using simulated data, Science of The Total Environment, 540: 32-42.

Zeybek, M., Kalyoncu, H., Karakas, B. and Özgul, **S., 2014.** The use of BMWP and ASPT indices for evaluation of water quality according to macroinvertebrates in Değirmendere Stream (Isparta, Turkey). Turkish Journal of Zoology. 38: 603-613.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2025-06-18]