

بررسی آلودگی میکرو پلاستیک در ماهیان حوضه رودخانه قره‌سو، استان گلستان

ابراهیم مسعودی^۱، سید علی اکبر هدایتی^{۱*}، طاهره باقری^۲، امیر پرویز سلاطی^۲، رقیه صفری^۱، محمد قلی زاده^۴، محمد ذاکری^۵

^۱گروه تولید و بهره برداری آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

^۲مرکز تحقیقات شیلاتی آب‌های دور، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، چابهار، ایران.

^۳گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.

^۴گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد، گنبد، ایران.

^۵گروه شیلات، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

*نویسنده مسئول hedayati@gau.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۷/۱۲

چکیده

نگرانی‌ها در مورد تأثیرات منفی میکروپلاستیک‌ها بر سلامت انسان باعث توجه روزافزون به وقوع میکروپلاستیک‌ها در محیط آبی شده است. مطالعات اخیر تمرکز خود را از محیط دریایی به آب‌های داخلی، به‌ویژه بر توزیع مکانی-زمانی میکروپلاستیک‌ها در رودخانه‌هایی با کاربری مسکونی و کشاورزی، گسترش داده است. حوضه رودخانه قره‌سو، منتهی به خلیج گرگان، محل جریان رودخانه‌های دائمی بسیاری است که سطوح آلودگی میکروپلاستیک در آن رودخانه‌ها ناشناخته است. این مطالعه در امتداد ۸ رودخانه مختلف در سال ۱۳۹۹ انجام شد. در مجموع ۹ گونه ماهی شناسایی شده و وجود میکروپلاستیک در ۸۷ درصد ماهیان تأیید شد. شیوع ذرات میکروپلاستیک در بین گونه‌ها به ترتیب *Neogobius melanostomus* > *Cyprinus carpio* = *Vimba persa* > *Rutilus kutum* > *Barbus cyri* > *Rutilus caspicus* > *Gambusia holbrooki* > *Carassius gibelio* > *Chelon spp.* بود. بیشترین نوع، رنگ و اندازه میکروپلاستیک ماهی‌ها به ترتیب فیبر، مشکی، ۰/۱-۰/۵ میلی‌متر بود. در مجموع نتایج تحقیق نشان داد که رودخانه‌های حوضه قره‌سو نه تنها در مناطق توسعه یافته با فعالیت شدید انسانی بلکه در مناطق بالادست توسط میکروپلاستیک‌ها آلوده شده‌اند که می‌تواند به‌عنوان منشا آلودگی خلیج گرگان در نظر قرار گیرد.

واژگان کلیدی: میکروپلاستیک، حوضه قره‌سو، ماهی، رسوبات.

مقدمه

می‌رود (Rachman et al., 2018) به‌طور کلی، میکروپلاستیک‌ها بیشترین آسیب را به محیط طبیعی وارد می‌کنند، زیرا به راحتی در دسترس گونه‌های بالاتر زنجیره غذایی قرار می‌گیرند (Canesi et al., 2015). آلودگی سفید ناشی از اقلام بزرگ یکبار مصرف مانند کیسه‌های پلاستیکی توجه زیادی را به خود جلب کرده است (Browne et al., 2007). آثار میکروپلاستیک‌ها نه تنها در آب‌های سطحی، بلکه در آب‌های عمیق، رسوبات، خاک و موجودات نیز وجود دارد (Zhang et al., 2018). میکروپلاستیک‌ها، با

تولید سالانه پلاستیک از ۱/۵ میلیون تن در دهه ۱۹۵۰ به ۳۶۸ میلیون تن در سال ۲۰۱۹ افزایش یافته است (Plastics Europe, 2019). ذرات میکروپلاستیک (MP) پلاستیک‌هایی با اندازه کمتر از ۵ میلی‌متر هستند که از میکروپلاستیک‌های اولیه و ثانویه ناشی می‌شوند (Ryan et al., 2009). آلودگی میکروپلاستیک (MP) به دلیل فراگیر بودن آن در محیط زیست و خطراتی که برای اکوسیستم‌ها ایجاد می‌کنند، یک نگرانی زیست‌محیطی جهانی به شمار

اندازه و رنگ آن‌ها در رسوبات و گونه‌های ماهی در رودخانه‌های حوضه قره سو به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

رودخانه قره‌سو با حوضه آبریزی به مساحت ۱۷۶۲ کیلومتر مربع و آبدهی ۵۴/۹ میلیون متر مکعب، از ارتفاعات کوه قلعه ماران سرچشمه می‌گیرد و پس از طی مسیری به طول ۱۶۰ کیلومتر، به خلیج گرگان می‌ریزد. این رود با امتداد شرقی-غربی در جنوب استان گلستان جریان دارد ولی منشا بیشتر شاخه‌های آن، پیش از پیوستن به رود قره‌سو از رشته کوه البرز و در راستای جنوبی شمالی است (مهندسان مشاور خزر آب، ۱۳۷۷). ارتفاع متوسط حوضه ۶۲۴ متر از سطح آب‌های آزاد است که حداقل آن ۲۶- متر در ساحل دریای خزر و حداکثر آن، حدود ۳۲۰۰ متر در ارتفاعات جنوبی حوضه واقع شده است که تا ارتفاع حدود ۱۰۰۰ متر، دامنه‌ها پوشیده از جنگل است و به تدریج با کاهش ارتفاع از تراکم جنگل کاسته شده و فعالیت‌های کشاورزی افزایش می‌یابد (MasoomPour, 2005). رودخانه قره‌سو که در محل روستای قره‌سو به خلیج گرگان (جنوب شرقی دریای خزر) می‌ریزد (۵۴ درجه، ۲ دقیقه و ۲۳ ثانیه شرقی و ۳۶ درجه، ۵۰ دقیقه و ۵۲ ثانیه شمالی)، در گذشته محل تخم‌ریزی طبیعی ماهی کلمه *Rutilus rutilus* بود.

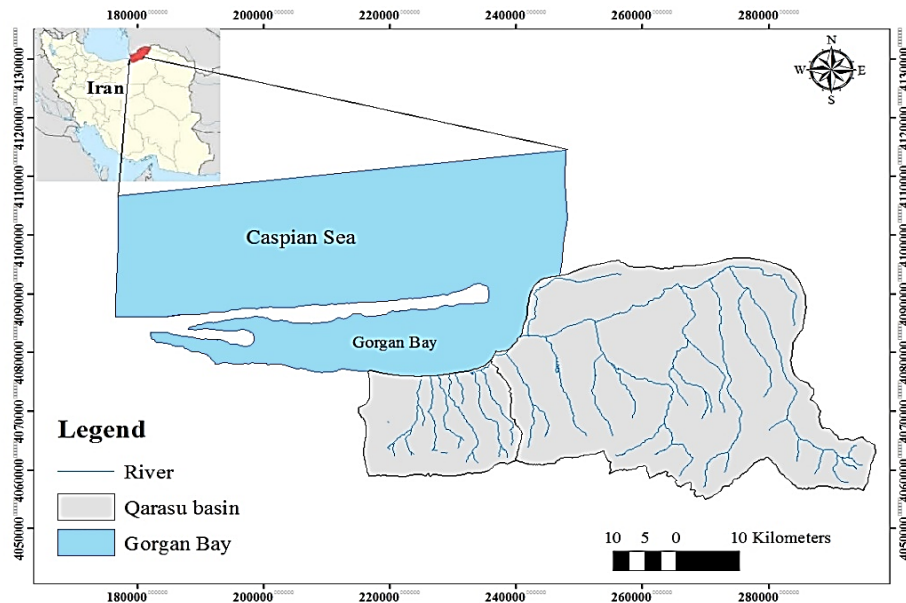
در سال ۱۳۹۹، برای مطالعه آلودگی میکروپلاستیک رسوبات رودخانه‌های حوضه قره‌سو، نمونه‌ها از ۸ رودخانه (محمد آباد، شصت کلا، شמושک، محمدآباد فاضل آباد، باقو، زیارت، توسکستان و قره‌سو) و از هر رودخانه ۳ ایستگاه با کاربری‌های جنگلی، مسکونی و کشاورزی با گرب و نوبین جمع‌آوری و در ظروف غیر پلاستیکی نگهداری شدند. نمونه‌برداری اغلب از ۵ سانتی‌متر بالایی رسوب براساس راهنمای پایش زباله‌های دریایی در اروپا (TSG_ML) صورت گرفت. جداسازی ذرات میکروپلاستیک از رسوبات نیز از اختلاف چگالی بین ذرات پلاستیک و رسوبات صورت گرفت.

اندازه‌های خاص و خواص پایدار، محل پرورش میکروارگانیسم‌ها و حامل آلاینده‌ها هستند. مواد پلاستیکی که مواد مقاوم در برابر شعله بوده، همراه با سایر مواد شیمیایی به محصولات پلاستیکی افزوده می‌شوند تا عملکرد آن‌ها بهبود یابد. این مواد شیمیایی می‌توانند توسط میکروپلاستیک‌ها به محیط منتقل شوند و خطرات جبران‌ناپذیر زیست محیطی را ایجاد کنند (Liu et al., 2019).

با توجه به وجود ریزپلاستیک در آب، اهمیت تحقیقات آلودگی ریزپلاستیک دریایی حائز اهمیت است. با این حال، مناطق آب‌شیرین اهمیت زیادی دارند. بیشتر میکروپلاستیک‌های اقیانوسی منشاء خشکی دارند. اکوسیستم‌های آب شیرین نقش مهمی در حمل و نقل ریزپلاستیک ایفا کرده که بررسی مکانی و ویژگی‌های این آلوده‌کننده‌ها در مناطق آب شیرین ضروری می‌باشد (بنایی و همکاران، ۲۰۲۱).

مطالعات کمی روی مصرف میکروپلاستیک توسط ماهیان آب شیرین گزارش شده است. Wagner (۲۰۱۴) نشان داد که تنها پنج مطالعه وقوع آن را در ماهیان آب شیرین بررسی شده است که مشخص شد بیشتر ذرات استفاده شده توسط ماهیان آب شیرین، fragment میکروپلاستیک می‌باشند (Jabeen, 2017). در برزیل، یک مطالعه توسط Silva-Silva-Silva-Cavalcanti (۲۰۱۷) در رودخانه Pajeú در Serra Talhada انجام شد، که تعداد ۴۸ *H. littorale* جمع‌آوری شد که از این تعداد، در محتوای معده ۷۵٪ نمونه‌ها میکروپلاستیک مشاهده شد.

در رابطه با مطالعات میکروپلاستیک‌ها در محیط‌های آبی شیرین، بررسی‌های کمی در دسترس است، که بیان‌کننده وجود آلودگی گسترده MP در رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و مخازن می‌باشد (Zhang et al., 2015; Peng et al., 2018; Wang et al., 2018). با توجه به اهمیت ریزپلاستیک‌ها و بررسی همه جانبه آن‌ها، این مطالعه به منظور مقایسه فراوانی ریزپلاستیک‌ها در ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری (کاربری‌های جنگلی، مسکونی و کشاورزی)، شکل،



شکل ۱- جایگاه نمونه برداری رودخانه‌ها در حوضه قره‌سو، خلیج گرگان.

ماهیان بلافاصله بعد از صید فریز شدند و برای انجام آزمایش عمل یخ‌زدایی در دمای اتاق انجام شد. زیست‌سنجی ماهیان از جمله طول کل (سانتی‌متر)، طول استاندارد (سانتی‌متر)، وزن (گرم) برای هر ماهی به صورت جداگانه انجام شد. اندام گوارش هر ماهی به صورت جداگانه، از بالای مری خارج و در انتهای آن در مخرج بریده شد و بلافاصله در کیسه‌های زیپ‌دار پلاستیکی قرار گرفت. تمام وسایل و تجهیزات مورد استفاده قبل از انجام آزمایش در زیر میکروسکوپ برای بررسی عدم آلودگی پلیمری مورد بررسی شد. نمونه‌های تر قبل از خشک کردن وزن شدند، سپس در ظروف شیشه‌ای که از قبل تمیز شده بودند گذاشته شدند. این ظروف را در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ تا ۲۴ ساعت قرار داده و پس از خشک شدن نمونه‌ها، دوباره وزن خشک آن‌ها اندازه گیری شود. برای فرآیند هضم از KOH (Merck, Germany) 10% (w/v) استفاده و به همه اندام‌ها و بافت‌ها اضافه شود. محصول حاصل را در ظروف شیشه‌ای قرار داده و در آون با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ تا ۴۸ ساعت قرار داده تا فرآیند هضم کامل شود. پس از حل شدن کامل امعا و احشاء، به وسیله کاغذ صافی (Whatman PLC 122) متوسط ۶۴ اسکن در محدوده مادون قرمز ۴۰۰۰ تا

United Kingdom) فیلتر شد. کاغذ صافی به محلول سدیم یدید (M 4/4) NaI (Merck, Germany) انتقال و سپس در معرض سونیکیت و تکان‌های شدید قرار داده شود. سپس محلول NaI را سانتریفیوژ و دوباره فیلتر کرده و زیر استریومیکروسکوپ مشاهده چشمی و ثبت صورت گرفت. روش استخراج مورد استفاده برای ماهی بر اساس Karimi و همکاران (۲۰۱۷) انجام شد. تمام ذرات استخراج شده توسط استریومیکروسکوپ (NOVEL, Ningbo, China) شناسایی (Yongxin Optics Co., Ltd., China) شد و با دوربین فیلمبردار IC80 HD و نرم افزار (LAS) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. حداکثر طول و عرض میکروپلاستیک‌ها با تجزیه و تحلیل تصویر صورت شد. ذرات میکروپلاستیک مانند برای شناسایی بیشتر توسط یک سوزن داغ مورد بررسی قرار گرفتند که این امر باعث تغییر شکل و چسبندگی پلاستیک خواهد شد (Devriese et al., 2015; Banaee et al., 2019). میکروپلاستیک‌ها با استفاده از (Vertex70, Germany) مورد بررسی قرار گرفته تا ترکیبات پلیمری آن‌ها شناخته شود. طیف جذب FTIR به طور متوسط ۶۴ اسکن در محدوده مادون قرمز ۴۰۰۰ تا

جدول ۱- نتایج زیست‌سنجی ماهیان و تعداد و اندازه میکروپلاستیک‌های مورد مطالعه.

اندازه میکروپلاستیک (mm)	تعداد میکروپلاستیک	وزن دستگاه گوارش (gr)	وزن بدن (gr)	طول کل (cm)	طول استاندارد (cm)	گونه ماهی
۳۹۶۰-۱۰۰	۷	۰/۰۹۲	۳/۶۶	۷/۴۷	۵/۶۵	<i>Chelon spp.</i> (n=22)
۳۳۰۰-۱۰۵	۳	۰/۰۱۴	۶/۵۷	۷/۹۸	۵/۷	<i>Neogobius melanostomus</i> (n=15)
۵۰۰۰-۲۵۰	۷	۰/۱۹۷	۸/۳۳	۱۰/۲۳	۷/۱۵	<i>Carassius gibelio</i> (n=21)
۵۰۰۰-۱۶۰	۵	۰/۰۳۱	۱/۷۵	۵/۴۷	۴/۰۵	<i>Gambusia holbrooki</i> (n=18)
۱۵۰۰-۱۳۰	۲	۰/۰۶۳	۳/۳۴	۷	۵/۴	<i>Cyprinus carpio</i> (n=13)
۴۹۰۰-۱۲۰	۴	۰/۰۰۳	۲/۵	۶/۶۵	۵/۳	<i>Vimba persa</i> (n=13)
۳۱۵۰-۱۱۵	۴	۰/۰۳۷	۱/۹۹	۶/۳۵	۵/۱	<i>Rutilus kutum</i> (n=12)
۴۶۰۰-۱۰۰	۶	۰/۰۲۱	۱/۲۶	۵/۱	۴/۷۵	<i>Rutilus caspicus</i> (n=17)
۵۰۰۰-۱۹۰	۴	۰/۰۱۵	۱/۳۳	۵/۰۵	۴/۴	<i>Barbus cyri</i> (n=9)

مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت، که ۸۷ درصد شیوع میکروپلاستیک‌ها را نشان می‌دهد، در حالی که تنها ۱۳ درصد از جمعیت ماهیان نمونه معده فاقد مواد میکروپلاستیک بود (شکل ۲a). بیشترین میزان MP در *Chelon spp.* با مقدار ۱۵/۷۱ درصد و پس از آن *C. gibelio* با ۱۵ درصد ثبت شد، در حالی که کمترین آن در *B. cyri* با ۶/۴۳ درصد از وقوع MP در نمونه را تشکیل می‌دهند.

همچنین، شیوع MP در بین گونه‌ها به ترتیب *Vimba persa > Rutilus kutum > Barbus cyri > Neogobius melanostomus > Cyprinus carpio > Rutilus caspicus > Carassius gibelio > Gambusia holbrooki > Chelon spp.* (شکل ۲b). ذکر این نکته ضروری است که وقوع و شیوع میکروپلاستیک‌ها به‌طور مستقیم تعداد نمونه‌های ماهیبرای هر گونه را منعکس می‌کند. بیشترین و کمترین میکروپلاستیک مشاهده شده در ماهی به ترتیب مربوط رودخانه قره سو با کاربردی کشاورزی (۱۳۴۰±۲۴۱) و رودخانه محمود آباد با کاربری مسکونی (۴۰±۱۰) بود (شکل ۳b).

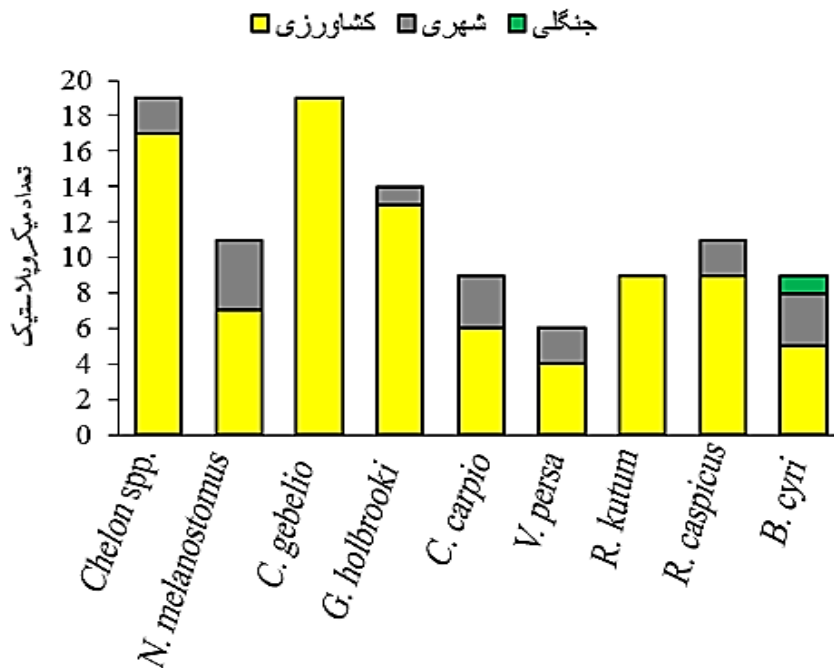
توزیع فراوانی و اندازه میکرو پلاستیک در مناطق نمونه‌برداری در حوضه قره سو در شکل ۳ ارایه شده است. فیبر قابل توجه‌ترین میکروپلاستیک (میانگین ۵۵ درصد) و پس از آن Fragment (میانگین ۴۰/۷۱ درصد) بود در حالی که Bead زیر ۵ درصد بود (شکل ۳b).

۴۰۰ سانتی‌متر با وضوح ۴ سانتی‌متر ثبت شد. نوع پلیمر بر اساس فراوانی جذب پیوند شیمیایی خاص موجود در نمونه‌های پلیمر مشخص شده تشخیص داده شد. تجزیه و تحلیل آماری با نرم افزار SPSS نسخه ۲۴ بود. تحلیل مولفه‌های اصلی (Principal Component Analysis= PCA) با استفاده از یک ماتریس داده از انواع پلیمری یافت شده در هر محل نمونه‌برداری برای ارزیابی رابطه بین ترکیبات میکروپلاستیکی و مکان های نمونه‌برداری صورت گرفت.

نتایج

اندازه‌گیری‌های ریخت‌سنجی شامل تعداد و اندازه میکروپلاستیک‌ها گونه‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج نشان داد که گونه *C. gibelio* دارای بیشترین طول کل (۱/۵۶±۱۰/۲۳ سانتی‌متر)، طول استاندارد (۱/۱±۷/۱۵ سانتی‌متر) و وزن بدن (۰/۴±۸/۳۳ گرم) بود (جدول ۲). بیشترین تعداد میکروپلاستیک‌ها در دستگاه گوارش ماهی در گونه‌های *C. gibelio* و *Chelon spp.* با دامنه ۱-۷ میکروپلاستیک ثبت شد. کمترین تعداد میکروپلاستیک‌ها در *C. carpio* گزارش شد. کوچکترین اندازه MP بین ۱۳۰ تا ۱۵۰۰ میلی‌متر فقط در گونه *C. carpio* ثبت شد.

در مجموع ۱۴۰ ماهی متعلق به ۹ گونه در زیستگاه‌های مختلف (جنگل، کشاورزی و مسکونی)



شکل ۲- فراوانی میکروپلاستیک‌های مشاهده شده در ماهیان ایستگاه‌های مختلف نمونه برداری.

وجود دارد.

پلاستیک و سایر زباله‌های انسانی معمولاً در ماهیان دریایی یافت می‌شود، اما فراوانی و مسیر معرفی و اثرات کاربری اراضی متفاوت بر روی ماهیان آب شیرین تا حد زیادی ناشناخته است. در این مطالعه، ۸۷ درصد از ماهیان در بافت گوارشی خود دارای میکروپلاستیک بودند که تقریباً با میانگین ۶ ذره در ماهی که در آن فیبر، میکروپلاستیک غالب بود. بر اساس مطالعه Pazos و همکاران (۲۰۱۷)، فراوانی میکروپلاستیک تقریباً ۵۵-۸ ذره در ماهی بود، و الیاف نیز در تمام رده‌های نمونه‌های جمع شده ماهی از خور Rio de la Plata، آرژانتین، دسته میکروپلاستیک غالب بودند که در مطالعه حاضر با میکروپلاستیک روده قابل مقایسه است. در مقابل، Lusher و همکاران (۲۰۱۶)، ۱۱ درصد (۸۴ از ۷۶۱) ماهی مزوپلاژیک (در خالدار *Arctozenus risso*) و ماهی لانج (*Notoscopelus kroyeri*) از شمال شرقی اقیانوس اطلس میکروپلاستیک، با متوسط ۱/۲ ذرات در ماهی یافت شده است.

بیشترین میکروپلاستیک مشاهده شده در ماهی Fragment (۵۱/۷۶ درصد) بود که با مطالعه

بیشترین فراوانی میکروپلاستیک‌ها در ایستگاه‌های منطقه کشاورزی و مسکونی از Fiber تشکیل شده است. بیشترین درصد از رنگ‌های مشاهده شده متعلق به رنگ مشکی (۵۶/۹۳ درصد) و رنگ خاکستری (۱۸/۲۵ درصد) و کمترین آن مربوط به رنگ آبی (۲/۹۲ درصد) بود. رنگ‌های سفید و قرمز تنها در منطقه کشاورزی مشاهده شد. بیشترین مقدار از رنگ آبی در مصب رودخانه قره‌سو (شکل ۳C) و بیشترین دامنه اندازه میکروپلاستیک‌ها در منطقه کشاورزی مشاهده شد. بیشترین اندازه مشاهده شده در منطقه مسکونی اندازه ۲-۱ میلی‌متر بود (شکل ۳b).

بحث و نتیجه‌گیری

آلودگی میکروپلاستیک در سراسر جهان فراگیر است، از آجا که درک عواملی که باعث ایجاد الگوهای میکروپلاستیک در شبکه‌های غذایی آب شیرین می‌شوند برای سیاست‌های مدیریتی بسیار مهم است، اما تحقیقات در مورد فراوانی، حرکت و فعل و انفعالات بیولوژیک آن در اکوسیستم‌های آب شیرین به تازگی در حال گسترش است. در این مطالعه، شواهدی ارائه شد که میکروپلاستیک در انشعابات رودخانه‌های حوضه قره‌سو، از جمله بافت هضم شده ماهی و رسوبات

می‌شود. با توجه به اهمیت دریاها و نقش آن در تأمین سرنوشت انسان و تأمین نیازهای غذایی و اینکه خلیج گرگان یک محیط نیمه‌محصور است، در مقابل آلودگی بسیار آسیب‌پذیر می‌باشند، می‌توان با بررسی آلودگی میکروپلاستیکی بر روی رسوبات، دوکفه‌ای‌های موجود در خلیج و همچنین خروجی فاضلاب‌های مسکونی و صنعتی که مستقیماً وارد خلیج می‌شوند به‌عنوان شاخص تغییرات میزان زباله‌های پلاستیکی در مناطق خاص استفاده گردد و همچنین می‌توان به‌عنوان موضوع پیشنهادی مطالعات آتی ارائه گردد.

تشکر و قدردانی

این تحقیق با حمایت مادی و معنوی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (۹۷۰۲۴۶۳۸) انجام گرفت.

منابع

- Banaee M., Shakeri R. 2021. The effect of microplastics on hematological and biochemical parameters in aquatic animals. *Journal of Aquaculture Sciences* 8(15), 141-160.
- Banaee M., Soltanian S., Sureda A., Gholamhosseini A., Haghi B.N., Akhlaghi M., Derikvandy A. 2019. Evaluation of single and combined effects of cadmium and micro-plastic particles on biochemical and immunological parameters of common carp (*Cyprinus carpio*). *Chemosphere* 236, 124335.
- Browne M.A., Galloway T.S., Thompson R.C. 2007. Microplastic-An emerging contaminant of potential concern. *Integrated Environmental Assessment and Management* 3, 559-566.
- Canesi L., Ciacci C., Bergami E., Monopoli M.P., Dawson K.A., Papa S. 2015. Evidence for immunomodulation and apoptotic processes induced by cationic polystyrene nanoparticles in the hemocytes of the marine bivalve *Mytilus*. *Marine Environment Research* 111, 34-40.
- Cannas S., Fastelli P., Guerranti C., Renzi M. 2017. Plastic litter in sediments from the coasts of south Tuscany (Tyrrhenian Sea). *Marine Pollution Bulletin* 119 (1), 372-375.
- Caspian Water Consulting Engineers. 1998. Qarasu and Gorganrood catchment water

Mateos-Cárdenas و همکاران (۲۰۲۰) همخوانی دارد. رودخانه‌های شستکلا، شموشک، زیارت و توسکستان از منطقه بالادست و جنگلی با بیشترین درصد میکروپلاست‌های فیبر بودند. میکروپلاست‌های اندازه ۱-۲ میلی‌متر (۳۴/۹۸ درصد) و ۰/۵-۱ میلی‌متر (۲۸/۷۷ درصد) غالب بودند که با نتایج Park و همکاران (۲۰۲۰) با غالبیت میکروپلاستیک < ۱ میلی‌متر قابل مقایسه می‌باشد. همچنین، کمترین میزان را میکروپلاست‌ها با اندازه بزرگ (۵-۳ میلی‌متر) ۸/۱۷ درصد از کل را تشکیل می‌دهند.

میکروپلاستیک‌های کوچک ممکن است اثرات مضر بیشتری روی موجودات آبی داشته باشند. Lusher و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که اندازه کوچک میکروپلاستیک‌ها در مقایسه با ماکروپلاستیک‌ها، جذب آن‌ها از طریق موجودات را تسهیل می‌کند. با توجه به نتایج مطالعه حاضر، تحقیقات بیشتری در مورد پلاستیک‌های کوچک‌تر از ۱۰۰-۵۰۰ میکرومتر و جمع‌آوری آن‌ها در عمق‌های مختلف رسوب نیاز می‌باشد. همچنین بیشتر نمونه‌های مورد بررسی سیاه بودند (۶۴/۲۲٪)، که با نتایج Govender و همکاران (۲۰۲۰) یکسان است.

به‌طور کلی نتایج نشان داد که آلودگی میکروپلاستیکی خلیج گرگان به شدت تحت تاثیر رودخانه‌های ورودی از جمله حوضه رودخانه‌های قره‌سو به‌عنوان مهمترین رودخانه تأمین کننده آب است. در بررسی ۸ رودخانه مختلف، رودخانه قره سو به عنوان آلوده ترین رودخانه و کاربری کشاورزی به عنوان آلوده کننده ترین نوع کاربری معرفی شد. در بررسی ۹ گونه مختلف ماهی، *Chelon spp.* به‌عنوان آلوده ترین گونه معرفی شد. بیشترین نوع، رنگ و اندازه میکروپلاستیک رسوبات به ترتیب Fragment، مشکی، ۱-۲ میلی‌متر بود. بیشترین نوع، رنگ و اندازه میکروپلاستیک ماهی‌ها به ترتیب فیبر، مشکی، ۰/۵-۰/۱ میلی‌متر بود. میکروپلاستیک‌ها به‌طور گسترده در محیط زیست گسترش یافته‌اند که منجر به نگرانی بالقوه در مورد تأثیر آن بر سلامت محیط‌زیست

- Park T.-J., Lee S.-H., Lee M.S., Lee J.-K., Lee S.-H., Zoh K.-D. 2020. Occurrence of microplastics in the Han River and riverine fish in South Korea. *Science of the Total Environment* 708 (2): 134535.
- Pazos R., Maiztegui T., Colautti D., Paracampo A., Gómez N. 2017. Microplastics in gut contents of coastal freshwater fish from Río de la Plata estuary. *Marine Pollution Bulletin* 122, 85-90.
- Peng G., Xu P., Zhu B., Bai M., Li D. 2018. Microplastics in freshwater river sediments in Shanghai, China: A case study of risk assessment in mega-cities. *Environmental Pollution* 234: 448-456.
- Europe P. 2015. An analysis of European plastics production, demand and waste data. *Plastics-the facts*, 147.
- Ryan P.G., Moore C.J., Van Franeker J.A., Moloney C.L. 2009. Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment *Philos. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 364: 1999-2012.
- Rachman C.M. 2018. Microplastics research-from sink to source. *Science* 360, 28-29.
- Silva-Cavalcanti J.S., Silva J.D.B., de França E.J., de Araújo M.C.B., Gusmão F. 2017. Microplastics ingestion by a common tropical freshwater fishing resource. *Environmental Pollution* 221: 218-226.
- Wang W., Yuan W., Chen Y., Wang J. 2018. Microplastics in surface waters of Dongting Lake and Hong Lake, China. *Science of the Total Environment* 633: 539-545.
- Wagner M.C., Scherer D., Alvarez-Muñoz N., Brennholt X., Bourrain S., Buchinger E., Fries C., Grosbois J., Klasmeier T., Marti S., Rodriguez-Mozaz R., Urtbatzka A.D., Vethaak M., Winther-Nielsen G. 2014. Reifferscheid Microplastics in freshwater ecosystems: what we know and what we need to know *Environ. Environmental Sciences Europe* 26 (12).
- Zhang H., Zhou Q., Xie Z., Zhou Y., Tu C., Fu C. 2018. Occurrences of organophosphorus esters and phthalates in the microplastics from the coastal beaches in north China. *Science of the Total Environment* 616- 617: 1505-1512.
- Zhang K., Gong W., Lv J., Xiong X., Wu C. 2015. Accumulation of floating microplastics behind the Three Gorges Dam. *Environmental Pollution* 204, 117-123.
- resources studies report. Volume II. Ministry of Power. 9 p.
- Claessens M., VAN Cauwenberghe L., Vandegehuchte M.B., Janssen C.R. 2013. New techniques for the detection of microplastics in sediments and field collected organisms. *Marine Pollution Bulletin* 70, 227-233.
- Devriese L.I., van der Meulen M.D., Maes T., Bekaert K., Paul-Pont I., Frere L., Robbens J., Vethaak A.D. 2015. Microplastic contamination in brown shrimp (*Crangon crangon*, Linnaeus 1758) from coastal waters of the Southern North Sea and Channel area. *Marine Pollution Bulletin* 98(1-2): 179-87.
- Naidoo T., Rajkaran A., Govender J. 2020. Towards characterising microplastic abundance, typology and retention in mangrove-dominated estuaries. *Water (Switzerland)* 12(10).
- Jabeen K., Su L., Li J., Yang D., Tong C., Mu J., Shi H. 2017. Microplastics and mesoplastics in fish from coastal and fresh waters of China. *Environmental Pollution* 221, 141-149.
- Karami A., Golieskardi A., Keong Choo C., Romano N., Ho Y.B., Salamatnia B. 2017. A high-performance protocol for extraction of microplastics in fish. *Science of the Total Environment* 578, 485-494.
- Lechthaler S., Waldschläger K., Sandhani C.G., Sannasiraj S.A., Sundar V., Schwarzbauer I., Schüttrumpf H. 2021. Baseline Study on Microplastics in Indian Rivers under Different Anthropogenic Influences. *Water* 13, 1648.
- Liu C., Li J., Zhang Y., Wang L., Deng J. 2019. Widespread distribution of PET and PC microplastics in dust in urban China and their estimated human exposure. *Environment International* 128:116-24.
- Lusher A.L., O'Donnell C., Officer R., O'Connor I. 2016. Microplastic interactions with North Atlantic mesopelagic fish. *ICES Journal of Marine Science* 73, 1214-1225.
- Lusher A.L., McHugh M., Thompson R.C. 2013. Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. *Marine Pollution Bulletin* 67, 94-99.
- MasoomPour J. 2005. Synoptic study of pervasive droughts on the southern shores of the Caspian Sea. Master's Degree: Natural Climatic Geography. University of Tehran.
- Mateos-Cárdenas A., O'Halloran J., van Pelt F.N.A.M., Jansen M.A.K. 2020. Rapid fragmentation of microplastics by the freshwater amphipod *Gammarus duebeni* (Lillj.) *Scientific Reports* 10(1): 12799, 10.

Microplastic contamination in fishes of Gharasoo River basin, Golestan Province

Ebrahim Masoudi¹, Seyed Aliakbar Hedayati^{1*}, Tahereh Bagheri², AmirParviz Salati³, Roghayeh Safari¹, Mohammad Gholizadeh⁴, Mohammad Zakeri⁵

¹Department of Fisheries and Aquatic Sciences, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

²Offshore Water Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Chabahar, Iran.

³Department of Fisheries, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran.

⁴Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Gonbad, Gonbad, Iran.

⁵Department of Fisheries, Faculty of Marine Sciences, Hormozgan University, Hormozgan, Iran.

*Corresponding author: hedayati@gau.ac.ir

Received: 2021/10/4

Accepted: 2021/12/22

Abstract

Concerns about the negative effects of microplastics on human health have led to increasing attention to the occurrence of microplastics in the aquatic environments. Recent studies have focus from the marine environment to inland waters, particularly the spatio-temporal distribution of microplastics in rivers. Qarasu River basin, leading to Gorgan Bay, is the site of many permanent rivers and the levels of microplastic pollution in those rivers are unknown. This study was conducted along 8 different rivers in 2020. Some 9 fish species were identified and the presence of microplastics was confirmed in 87% of fish. The prevalence of microplastic particles among species were *Chelon spp.* > *Carassius gibelio* > *Gambusia holbrooki* > *Rutilus rutilus* > *Neogobius melanostomus* > *Cyprinus carpio* = *Vimba persa* > *Rutilus caspicus* > *Barbus cyri*. The highest type, color and size of fish microplastics were fiber, black, 0.5-0.1mm, respectively. In conclusion the rivers of Qarasu basin have been polluted by microplastics not only in developed areas with intense human activity but also in upstream areas, which can be considered as a source of pollution in Gorgan bay.

Keywords: Microplastics, Qarasu basin, Fish, Sediments.