آلودگی میکروپلاستیک‌ها در محیط زیست دریایی

پریسا حسین‌خضری

p.h.khezri@gmail.com

پژوهشکده میگوی کشور، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بوشهر، ایران.

چکیده:

پلاستیک یکی از عوامل عمده آلودگی آب دریاها و اقیانوس‌ها محسوب می‌شود. روند تولید، الگوی مصرف و تغییرات جمعیتی منجر به افزایش شیوع میکروپلاستیک‌ها در محیط زیست دریایی می‌گردد؛ اما بر خلاف تصورات موجود تأثیرات دقیق میکروپلاستیک‌ها بر موجودات زنده و محیط زیست تا حدود زیادی برای دانشمندان نامشخص است. میکروپلاستیک‌ها فوق‌العاده کوچک هستند و در نزدیکی سطح بستر یا بر روی ساحل دریاها و اقیانوس‌ها وجود دارند. در واقع به عنوان اشیایی پلاستیکی که قطرشان کمتر از ۵ میلیمتر است شناخته می‌شوند. میکروپلاستیک‌ها تمایل شدیدی به جذب آلاینده‌های آلی (POPs) پایدار داشته که از این جهت بسیار نگران کننده‌اند و از آن جایی که این ذرات کوچک شباهت زیادی به طعمه داشته و توسط ارگانیسم‌های آبزی از جمله نانو و پیکوپلانکتون‌ها مصرف می‌شوند؛ احتمال ورود ترکیبات سمی به زنجیره غذایی وجود خواهد داشت. زیست دسترس پذیری و بازده انتقال POPs بلع شده توسط ارگانیسم‌های آبزی در حال ارزیابی کمی و مدل‌سازی است. بنابراین با افزایش سطوح آلودگی توسط پلاستیک‌ها در بوم سامانه‌های دریایی، بررسی آثار میکرو پلاستیک‌ها در این اکوسیستم‌ها حائز اهمیت بوده و می‌بایست راهکارهای لازم جهت شناسایی و کنترل منابع ورود میکروپلاستیک‌ها به محیط‌های زیست دریایی به کار گرفته شود.

کلمات کلیدی: میکروپلاستیک، آلاینده‌های آلی پایدار، ارگانیسم، محیط زیست دریایی

The pollution of microplastics in the marine environment

Parisa Hossein Khezri

p.h.khezri@gmail.com

Shrimp Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Bushehr, Iran.

Abstract:

Plastics are one of main parameters in maine environments. The process of production, pattern of consumption and population changes led to the prevalence of microplasma in the marine environment. But, scientists are largely unknown effects of microplastics on living organisms and environment. Microplastics are very small. There are on the bed and shores of sea and their diameters are less than of 5mm. Persist organic pollutants (POPs) are extremely absorbed by Microplastics, therefore, these compounds are worring. Inasmuch as, these tiny particle are resembled to food, are consumed by nano and pico planktons. Thus, toxic components enter to food chain, probably. Bioavailability and transmission efficiency ingested POPs by aquatic microorganisms is quantitatively evaluating and modeling. In this way, due to increased levels of pollution in the marine ecosystems, survey on effects of microplastics is important and strategies must be applied for identifying and controlling the inputs of microplasms to marine environments .

Key words: microplastics, persist organic pollutants, organism, marine environment

1-مقدمه:

در اوایل سال 1970، اولین گزارش از تخلیه پلاستیک در اقیانوس‌ها از طرف مجامع علمی مورد توجه کمی قرار گرفت (۱) در دهه‌های بعد، این موضوع با جمع‌آوری اطلاعاتی در باره پیامدهای زیست‌محیطی چنین پسماندهایی، توجه بیشتر محققان را به خود جلب نمود و مطالعات بیشتری پیرامون آثار زیانبار پلاستیک‌ها بر روی پستانداران دریایی (2) و بقیه گونه‌ها (3) به طور جزئی یا کلی (۴) انجام گرفت. هضم پلاستیک‌ها توسط پرندگان و لاک‌پشت‌ها ، به طور گسترده در سراسر دنیا بررسی و حداقل 44 درصد از گونه‌های پرندگان دریایی، که پلاستیک مصرف کرده بودند، شناخته شد(5). شواهد بسیاری در مورد مصرف میکروپلاستیک و تأثیر آن بر فیزیولوژی، تولید مثل و بقا موجودات آبزی و انتقال از طریق زنجیره غذایی در دسترس است ولی اثرات بیولویکی این ترکیبات هنوز ناشناخته مانده است (6). گزارش‌های موجود در باره انتشار فراوان و غیر منتظره بقایای پلاستیک‌ها در اقیانوس آرام شمالی منجر به تحقیقات گسترده‌ایی در زمینه زیست شناسی دریا شده است (7). نگرانی اصلی در این زمینه، وجود ریز پلاستیک‌ها در اقیانوس‌هاست که با چشم غیر مسلح قابل رویت نیستند. در اینجا سعی شده است که سرانجام پلاستیک‌ها در محیط زیست دریایی، ساز و کارهای ایجاد ریز پلاستیک‌ها از بقایای دریایی و آثار زیست محیطی بالقوه آن‌ها نشان داده شود.

2- پلاستیک‌ها در محیط زیست دریا

در سال‌های اخیر، تقاضای سالانه پلاستیک در جهان رو به افزایش بوده است. پلاستیک‌ها به علت تنوع، سبکی، استحکام و شفافیت برای کاربردهای گوناگون مناسبند. در صنایع بسته‌بندی، به دلیل گرانی، پلاستیک‌ها با طراحی مناسب جایگزین موادی چون شیشه، فلز و چوب شده‌اند. در سراسر دنیا سالانه 80-75 میلیون تن پلاستیک مصرف می‌شود؛ ولی تخمین دقیقی از میزان پلاستیک ورودی به اقیانوس‌ها در دست نیست. در آینده ماهیگیری صنعتی یا تفریحی و افزایش مهاجرت به نواحی ساحلی اثر به سزایی در ورود پسماندهای پلاستیکی به اقیانوس‌ها خواهند داشت (7). حدود 80 درصد از زباله‌های ساحلی را پسماندهای پلاستیکی تشکیل می‌دهند. امروزه تمام کشتی‌های ماهیگیری از قرقره پلاستیکی استفاده می‌کنند (8). برخی از این قرقره‌ها در حین استفاده با بی‌دقتی در دریا رها می‌شوند. پلی‌اولفین‌ها و نایلون در ابتدا در ساخت قرقره‌های ماهیگیری به کار می‌رفتند (9). 18 درصد از پسماندهای پلاستیکی یافت شده در محیط زیست دریایی متعلق به صنعت ماهیگیری است (10) و بقیه متعلق به زباله‌های ساحلی است. رزین‌های حاصل از ترکیبات پسماندها از راه نقل و انتقالات دریایی و فرایندهای تخریب وارد اقیانوس‌ها می‌شوند (11). تخمین زده می‌شود که منشا پلاستیک‌های موجود در رسوبات و پلاستیک‌های غوطه‌ور از پسماندهای پلاستیکی شناور باشند. برای اینکه پلاستیک‌های شناور در آب قابل رویت باشند باید دارای چگالی مخصوصی بیش از آب دریا (1.025) باشند و این در حالی است که تعداد کمی از پلاستیک‌های مورد بحث این شرایط را دارند. پلاستیک‌های سنگین‌تر مانند نایلون‌ها تمایل دارند که در عمق آب شناور باشند یا حتی به رسوبات برسند.

3- میکروپلاستیک‌ها در محیط زیست دریا

میکروپلاستیک‌ها نوعی آلاینده انسان‌ساز هستند که بیش از چهار دهه است که در اقیانوس‌ها تجمع کرده‌اند (12). نمونه‌های گرفته شده از ماسه سواحل و آب‌های سطحی نشان می‌دهد این آلاینده‌ها شامل اجزا پلاستیکی مشتق از خرده‌های بزرگ‌تر پلاستیک هستند (13). محققان تعاریف متفاوتی برای میکروپلاستیک‌ها و ریز آلاینده‌ها ارائه نموده‌اند. مطابق نظر Gregory و همکاران ریزآلاینده‌ها ذرات ریز قابل رویتی با میانگین قطر 0.5-0.06 میلی‌متر هستند و ذرات بزرگ‌تر از آن‌ها را تحت عنوان مزوآلاینده نامیدند (14). سایر پژوهشگران میکروپلاستیک‌ها را ذراتی با محدوده کمتر از 5mm تعریف کرده‌اند (13). معمولاً ذرات پلاستیکی با حداکثر قطر 500 میکرومتر (5 میلی‌متر) در آب دریا وجود دارند.

آلاینده‌های آلی پایدار (persist organic pollutants) که در آب‌های سراسر دنیا به مقدار کم وجود دارند توسط مزو یا میکروپلاستیک‌ها حمل می‌شوند. آب گریزی POPs موجب می‌شود که غلظت این مواد در مزو یا میکروپلاستیک‌ها چند برابر آب دریا شود. وقتی این پلاستیک‌های آلوده توسط گونه‌های مختلف دریایی بلعیده می‌شوند وارد زنجیره غذایی می‌شوند. تا کنون بررسی جامع

بر روی گستردگی زیست‌دسترس‌پذیری آلاینده‌های آلی پایدار حل شده در میکروپلاستیک‌ها تا موجودات زنده و زیست بزرگ نمایی بالقوه آن‌ها در شبکه غذایی (15) انجام نشده است.

4- نمونه‌برداری از ریزپلاستیک‌های موجود در دریا

ریزپلاستیک‌ها را نمی‌توان با استفاده از نمونه‌برداری معمولی جمع‌آوری نمود. تا کنون هیچ روش استانداردی جهت جمع‌آوری این مواد در آب یا ماسه گزارش نشده است. روشی که در اینجا ارائه می‌شود بر اساس تجارب شخصی نویسندگان یا گزارش‌های چاپ شده است. بدین ترتیب که ابتدا جهت جداسازی مزوآلاینده‌ها، نمونه آب از فیلتر درشت عبور داده می‌شود و نمونه‌های رسوب با آب نمک مخلوط می‌شوند تا ریزپلاستیک‌ها در سطح آب شناور شوند. جهت افزایش چگالی نمونه‌های آب و مخلوط آب و رسوب، معمولاً مقدار کافی از یک نمک معدنی به آن‌ها افزوده شده تا پلاستیک‌ها در سطح آب شناور شوند. نمونه‌های آب سطحی با میکروپلاستیک‌ها به دقت جمع‌آوری شده و تغلیظ می‌شوند. تغلیظ آب دریا توسط تبخیر موجب افزایش غلظت میکروپلاستیک‌ها در سطح می‌شوند. در آب ریز موجوداتی مانند پلانکتون وجود دارد که دارای اندازه مشابه با میکروپلاستیک‌ها هستند؛ بنابراین از رنگینه‌های چربی دوست جهت جداسازی میکروپلاستیک‌ها استفاده می‌شود این رنگینه‌ها فقط میکروپلاستیک‌ها را رنگی کرده که در نهایت ذرات رنگ شده با استفاده از میکروسکوپ مشاهده و بررسی می‌شوند (16). برای حذف آلودگی‌های زیست توده، نمونه‌ها در یک اسید معدنی رقیق و گرم حل می‌شوند. این عمل‌آوری هیچ تغییری بر روی میکروپلاستیک‌ها ایجاد نمی‌کند. سوسپانسیون‌های به دست آمده از میکروپلاستیک‌ها توسط میکروسکوپ نوری، میکروسکوپ الکترونی، طیف بینی رامان و طیف بینی مادون قرمز تبدیل فوریه (FTIR) شناسایی می‌شوند.

5- تخریب پلاستیک‌ها در شرایط دریایی

تخریب یک تغییر شیمیایی است که به شدت از وزن مولکولی پلیمر می‌کاهد. از آن جایی که یکپارچگی مکانیکی پلاستیک‌ها وابسته به جرم مولکولی زیاد آن‌هاست؛ هر گونه تخریب موجب تضعیف ماده می‌شود. پلاستیک‌های به شدت تخریب شده به حدی شکننده می‌شوند که در هنگام جابه جایی پودر می‌شوند و در مواردی این اجزا پودری غیر قابل رویت با چشم غیر مسلح، با تبدیل کربن پلیمر به دی‌اکسیدکربن (CO_2) بیشتر تخریب شوند. تبدیل همه کربن پلیمر به CO_2 موجب تخریب کامل پلیمر می‌گردد (17). تخریب بر حسب عامل ایجاد کننده آن به چند دسته تقسیم می‌شود:

(1) زیست تخریب: تخریب توسط ارگانیسم‌های زنده (معمولاً میکروب‌ها)
(2) تخریب نوری: تخریب توسط نور (معمولاً نور خورشید، در هنگام قرار گرفتن در فضای باز)
(3) تخریب گرما اکسایشی: شکست اکسایشی کند در دمای متوسط
(4) تخریب گرمایی: تخریب در دماهای بالا
(5) آب کافت: واکنش با آب

فرایند اکسایش نورالقایی در مقایسه با سایر فرایندهای تخریب سرعت بیشتری دارد. معمولاً آب کافت فرایند مهمی در دریا نیست. در حالی که زیست تخریب تمام مواد زیستی مانند پلاستیک‌ها در دریا صورت می‌گیرد؛ سرعت آن حتی در رسوبات چند برابر کمتر از سرعت تخریب نوری پلاستیک‌هاست. پلاستیک‌هایی که در سطح سواحل در معرض هوا قرار گرفته‌اند نسبت به پلاستیک‌های شناور در آب دریا و در معرض نور خورشید، سریع‌تر تخریب می‌شوند (18). کاهش تخریب پلاستیک‌های شناور در آب دریا به دو عامل کاهش دما و کاهش غلظت اکسیژن در آب بستگی دارد. بر خلاف نمونه‌های موجود در خشکی، نمونه‌های درون آب حداقل دما را در خود نگهداشته که خود مانع از پیشرفت واکنش می‌شوند. رابطه معکوس میان این دو تخریب (میان شناوری و در معرض هوا) با اثر جرم گرفتگی تشدید می‌شود. سطح پلاستیک‌های شناور به مرور توسط بیوفیلم‌های جلبکی و تشکیل کولونی از بی‌مهرگان پوشیده می‌شود (19). سرعت جرم گرفتگی به شرایط آب و هوایی بستگی دارد. چگالی پلاستیک‌ها با افزایش جرم گرفتگی بیشتر می‌شود و زمانی که چگالی آن بیشتر از آب شود در آب غوطه‌ور شده و در نهایت به زیر سطح آب می‌رود. در اثر مصرف این سطح جرم گرفته به عنوان غذا توسط ارگانیسم‌های موجود در آب و یا فرایندهای دیگر، چگالی پلاستیک کاهش یافته و دوباره به سطح آب برمی‌گردد. چرخه تغییر چگالی پلاستیک‌ها در سال 1991 توسط آندرادی و سانگدر ارائه شده و سپس توسط سایر پژوهشگران تأئید شد (20).

6- منشا ریزپلاستیک‌ها

ریزپلاستیک‌ها مربوط به دو منبع اصلی هستند:

(1) ورود مستقیم از طریق آب‌های جاری

(2) شکست مزوپلاستیک‌ها و درشت پلاستیک‌ها در اثر هوازدگی

بر خی از ریزپلاستیک‌ها به ویژه میکرو و نانوذرات ساخته شده از پلاستیک‌های محصولات فرعی، به طور مستقیم از راه آب‌های روان وارد آب‌های آزاد می‌شوند (21). بقایای پلاستیک‌ها در سواحل، سطح و عمق آب دریا و اقیانوس مشاهده می‌شوند؛ ولی تجمع آن‌ها در هر ماتریکس متفاوت است. خرده‌های پلاستیک موجود در سواحل بر خلاف انواع شناور آن‌ها در آب، در معرض دمای بسیار بالا قرار می‌گیرند. از آن جایی که گرمای ویژه شن کم است (664 J/Kg °C)، دمای سطوح سواحل شنی و پلاستیک‌های روی آن تا حدود ۴۰ °C بالا می‌رود و اگر پلاستیک‌ها شامل رنگدانه‌های تیره باشند؛ ذخیره گرما به دلیل جذب پرتو مادون قرمز نور خورشید موجب افزایش دما تا بیش از ۴۰ °C می‌شود (22). نور آغازگر واکنش تخریب اکسایشی است و این واکنش در دمای بالا سریع‌تر انجام می‌شود زیرا دمای بالا منجر به کاهش انرژی فعال سازی این واکنش می‌شود. برای پلاستیک‌های مات این تجزیه بیشتر در لایه‌های سطحی رخ می‌دهد. ریز پلاستیک‌ها از سطوح شکسته پلاستیک‌ها آزاد می‌شوند. تجزیه پلاستیک‌های شناور در آب با پلاستیک‌های موجود در سواحل متفاوت است. دمای پائین آب دریا و آثار شناوری از جمله عوامل کاهش تجزیه پلاستیک‌ها (به ویژه پلاستیک‌هایی که به طور مستقیم، از راه شناورها، به دریا راه یافته‌اند) محسوب می‌شوند. با توجه به اینکه منشا اغلب میکرو و نانو پلاستیک‌ها از سواحل است؛ تمیز کردن سواحل بایستی از اهم وظائف یک جامعه به ویژه حامیان محیط زیست باشد. حذف قطعات بزرگ‌تر پلاستیک‌ها از سواحل (پیش از فرسایش آن‌ها) راهی موثر برای پاکسازی سواحل از این آلاینده‌هاست. پاکسازی سواحل علاوه بر زیبایی آن، منجر به سالم ماندن غذاهای دریایی و نهایتاً سلامتی انسان می‌شود.

7- سمیت ریزپلاستیک‌های بلع شده

تغذیه‌گرهای فیلتر کننده در دریا از زئوپلانکتون در اندازه نانو تا نهنگ (بزرگ‌ترین جاندار دریایی) را شامل می‌شوند و بدون این که به یکدیگر آسیبی برسانند با یکدیگر در ارتباط هستند. بلعیدن ریزپلاستیک‌ها توسط میکروموجودات دریایی منجر به بروز مشکلات متفاوتی می‌شود. بیشترین نگرانی در رابطه با انتقال آلاینده‌های آلی پایدار (POPs) است. ذرات پلاستیکی توسط ارگانیسم‌های آبزی منتقل می‌شوند ولی در حقیقت این POPs است که موجب بروز سمیت می‌شوند. آلاینده‌های آلی موجود در آب دریا به کندی جذب می‌شوند و در نتیجه در ریز پلاستیک‌ها انباشته می‌شوند. این عمل در واقع پاک‌سازی دریا از آلاینده‌ها توسط ذرات پلاستیکی نیست بلکه این عمل زیست دسترس‌پذیری آلاینده‌ها را برای ارگانیسم‌های دریایی افزایش می‌دهد (23).

8- نتیجه‌گیری

روند تولید، الگوی مصرف و تغییرات جمعیتی منجر به افزایش شیوع خرده‌پلاستیک‌ها و ریز پلاستیک‌ها در محیط زیست دریایی می‌شوند. میکرو و نانو ذرات پلاستیکی که در معرض شرایط دریایی قرار می‌گیرند؛ مقاوم هستند. با وجود این که این ذرات جزء بسیار کوچکی از ذرات میکرو و نانوی موجود در آب دریا را تشکیل می‌دهند؛ اما تمایل پلاستیک‌ها به جذب آلاینده‌های آلی پایدار نگران کننده است. ذرات غنی از آلاینده‌های آلی توسط ارگانیسم‌های دریایی از جمله نانو و پیکوپلانکتون‌ها قابل بلع است؛ احتمال ورود ذرات سمی به زنجیره غذایی زیاد است. بازده این انتقال به زیست دسترس پذیری آلاینده‌های آلی پایدار و زمان ماندگاری پلاستیکی در آبزی بستگی دارد. از آنجایی که نقش پلانکتون در شبکه غذایی بسیار حائز اهمیت است؛ هر گونه تهدیدی برای آن‌ها، آثار جدی و فراگیر برای اکوسیستم‌های آبی جهان را به دنبال خواهد داشت. بنابراین ارزیابی کمی این پیامدها و برآورد اثر افزایش مقدار ریزپلاستیک‌ها در آب‌های دریایی الزامی است.

9-منابع:

1. Coe J. and Rogers D., 1996. Marine Debris Sources, Impacts, and Solutions. Springer-Verlag, New York.
2. Laist D.W.,1997. Impacts of Marine Debris: Entanglement of Marine Life in Marine Debris Including a Comprehensive List of Species with Entanglement and Ingestion Records. Springer Verlag, New York.
3. Erikson C. and Burton H., 2003. Origins and Biological Accumulation of Plastic Particles in fur Seals from Macquarie Island. Ambio, 32, 380–384.
4. Tschernij V. and Larsson P.O., 2003. Ghost Fishing by Lost Cod Gill Nets in the Baltic Sea. Fish. Res., 64, 151–162.
5. Rios L.M. and Moore C., 2007. Persistent Organic Pollutants Carried by Synthetic Polymers in the Ocean Environment. Mar. Pollut. Bull., 54, 1230–1237.
6. Lusher A., Mchugh M. and Thompson R.J.M.p.b., 2013. Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. 67(1-2), 94-99 .
7. Ribic C.A., Sheavly S.B., Rugg D.J. and Erdmann E.S.,2010. Trends and Drivers of Marine Debris on the Atlantic Coast of the United States 1997–2007. Mar. Pollut. Bull., 60, 1231– 1242.
8. Watson R., Revenga C. and Kura Y., 2006. Fishing Gear Associated with Global Marine Catches I. Database Development. Fish. Res., 79, 97–102.
9. Timmers M.A., Kistner C.A., and Donohue M.J., 2005. Marine Debris of the Northwestern Hawaiian Islands: Ghost Net Identification, Hawaii Sea Grant.
10. Hinojosa I. and Thiel M., 2009. Floating Marine Debris in Fjords, Gulfs and Channels of Southern Chile. Mar. Pollut. Bull., 58, 341–350.
11. Doyle M.J., Watson W., Bowlin N.M., and Sheavly S.B., 2011. Plastic Particles in Coastal Pelagic Ecosystems of the Northeast Pacific Ocean. Mar. Environ. Res., 71, 41–52.
12. Thompson R., Moore C., Andrady A., Gregory M., Takada H., and Weisberg S., 2005. New Directions in Plastic Debris. Science, 310, 1117-1130.
13. Moore C.J., 2008. synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, long-term threat. Environ. Res., 108, 131–139, 2008.
14. Gregory M.R. and Andrady A.L., 2003. Plastics in the Marine Environment. John Wiley and Sons.
15. Teuten E.L., Rowland S.J., Galloway T.S., and Thompson R.C., 2007. Potential for Plastics to Transport Hydrophobicm Contaminants. Environ. Sci. Technol., 41, 7759– 7764.
16. Andrady A.L., 2010. Measurement and Occurrence of Microplastics in the Environment. Presentation at the 2nd Research Workshop on Microplastic Debris, Tacoma, WA.
17. Andrady A.L., 1994. Assessment of Environmental Biodegradation of Synthetic Polymers: A Review. J. Macromol. Sci. R. M. C., 34, 25–75.
18. Al-Oufi H., McLean E., Kumar A.S., Claereboudt M. and Al-Habsi M., 2004. The effects of solar radiation upon breaking strength and elongation on of fishing Nets. Fish. Res., 66, 115–119, 2004.
19. Muthukumar T., Aravinthan A., Lakshmi K., Venkatesan R., Vedaprakash L. and Doble M., 2011. Fouling and stability of polymers and composites in marine environment. Int. Biodeter. Biodegrad., 65, 276–284.
20. Stevens L.M. and Gregory M.R., 1996. Fouling bryozoa on pelagic and moored plastics from northern New Zealand, bryozoans in Space and Time. Proceedings of the 10th International Bryozoology Conference, University of Wellington, Victoria.
21. Maynard A., 2006. Nanotechnology: A research strategy for addressing risk. Woodrow Wilson International Center for scholars project on emerging nanotechnologies.
22. Shaw D.G. and Day R.H., 1994. Colour and form dependent loss of plastic microdebris from the North Pacific Ocean. Mar. Pollut. Bull., 28, 39–43.
23. Endo S., Takizawa R., Okuda K., Takada H., Chiba K., Kanehiro H., Ogi H., Yamashita R., and Date T., 2005. Concentration of polychlorinated biphenyls (PCBs) in beached resin pellets: Variability among individual particles and regional differences. Mar. Pollut. Bull., 50, 1103–1114.