Review article

Investigation of Type and Frequency of Microplastics in Municipal Solid Waste Landfills Soil: A Systematic Review

Senobar Imanian[1]
Roqiyeh Mostafaloo[2]
Farzaneh Fanaei[3*]
Sepideh Sahragard[1]

1. Student Research Committee, Birjand University of Medical Sciences, Birjand, Iran
2. Ph.D. Student in Environmental Health Engineering, School of Public Health and Research Center for Health Sciences, Student Research Committee, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
3. Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, Ferdows Faculty of Medical Sciences, Medical Toxicology and Drug Abuse Research Center (MTDRC), Birjand University of Medical Sciences (BUMS), Birjand, Iran

***Corresponding author:** Farzaneh Fanaei, Department of Environmental Health Engineering, Ferdows Faculty of Medical Sciences, Medical Toxicology and Drug Abuse Research Center (MTDRC), Birjand University of Medical Sciences (BUMS), Birjand, Iran

Email: fanaei70@gmail.com

Received: 12 October 2023
Accepted: 06 January 2024

ABSTRACT

Introduction and purpose: Microplastics (MPs) are an emerging pollutant with a long environmental persistence. Although several studies were conducted on MPs pollution in aquatic environments, soil environments received less attention due to the intangibility of pollution and the difficulty of evaluating MPs in soil. The present systematic study aimed to investigate the contamination of MPs in municipal waste landfill soil.

Methods: This systematic review was performed in accordance with the principles of Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA). To that end, the databases PubMed, Science Direct, Web of Science, Scopus, Google Scholar, and internal databases of Magiran and SID were searched using the terms Microplastic, Soil, landfill, and their MeSH equivalents until 2023. Finally, 15 studies were evaluated after being screened based on the entry/exit criteria and study objectives.

Results: According to studies, the type and quantity of microplastics in the soil of municipal solid waste landfills are affected by various parameters. Microplastics had different concentrations and particle sizes from less than 10 μm to more than 5 mm. Polyethylene terephthalate (PET) and polyvinyl chloride (PVC) were the most extracted chemical compounds. The MPs levels fluctuated with sampling depth and rose with the age of the landfill site and plastic components. Smaller-sized microplastics were most frequent in regions where plastic debris had been subjected to severe weathering.

Conclusion: The enormous production of plastic waste and its health and ecological risks as an emerging and persistent pollutant in the environment emphasizes the importance of implementing programs to minimize plastic materials use and increase recycling of its waste. On the other hand, given the importance of soil quality in the food chain and its direct impact on air and water pollution, continuous monitoring and control of soil pollution with these substances, as well as research into the sources of their entry into the environment, can help to manage this challenge.

Keywords: Emerging pollutant, Microplastics, Plastics, Soil, Waste disposal facilities

▶ **Citation:** Imanian S, Mostafaloo R, Fanaei F, Sahragard S. Investigation of Type and Frequency of Microplastics in Municipal Solid Waste Landfills Soil: A Systematic Review. Journal of Health Research in Community. Spring 2024;10(1): 95-108.

Copyright© 2024, Published by Mazandaran University of Medical Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY) License (http://creativecommons.org/) which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.

[Downloaded from jhc.mazums.ac.ir on 2024-05-06]

مقاله مروری

بررسی نوع و فراوانی میکروپلاستیک ها در خاک محل های دفن پسماند شهری: مرور سیستماتیک

صنوبر ایمانیان[1]
رقیه مصطفی لو[2]
فرزانه فنائی[3*]
سپیده صحراگرد[1]

۱. کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی بیرجند، بیرجند، ایران
۲. دانشجوی دکتری مهندسی بهداشت محیط، کمیته‌ی تحقیقات دانشجویی، دانشکده‌ی بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
۳. استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده علوم پزشکی فردوس، مرکز تحقیقات مسمومیت ها و سوء مصرف مواد، دانشگاه علوم پزشکی بیرجند، بیرجند، ایران

* نویسنده مسئول: فرزانه فنائی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده علوم پزشکی فردوس، مرکز تحقیقات مسمومیت ها و سوء مصرف مواد، دانشگاه علوم پزشکی بیرجند، بیرجند، ایران

Email: fanaei70@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۱۶

چکیده

مقدمه و هدف: میکروپلاستیک‌ها (MPs) آلاینده‌هایی نوظهور و با ماندگاری بالا در محیط‌زیست هستند. مطالعات متعددی به بررسی آلودگی MPs در محیط آبی پرداخته‌اند؛ اما با توجه به ملموس نبودن آلودگی در محیط خاک و دشواری ارزیابی MPs در خاک، کمتر به آن پرداخته شده است. این مطالعه با هدف بررسی سیستماتیک آلودگی خاک در محل‌های دفن پسماند شهری به MPs انجام گرفت.

روش کار: مطالعه‌ی حاضر از نوع مرور سیستماتیک و بر اساس دستورالعمل پریزما (PRISMA) انجام شد. به این منظور، پایگاه های اطلاعاتی PubMed، Science Direct، Web of Science، Scopus، Google Scholar و پایگاه‌های داخلی Magiran و SID با استفاده از کلیدواژه‌های اصلی Microplastic، Soil، landfill و کلمات معادل در Mesh تا سال ۲۰۲۳ بررسی شد. در ادامه، غربالگری بر اساس معیارهای ورود و خروج و اهداف مطالعه انجام گرفت و در مجموع، ۱۵ مقاله ارزیابی شد.

یافته‌ها: مطالعات نشان داد نوع و میزان میکروپلاستیک‌ها در خاک محل دفن متأثر از پارامترهای مختلفی است. میکروپلاستیک‌ها دارای غلظت‌های مختلف و اندازه‌ی ذرات کمتر از ۱۰ µm تا بیش از ۵ mm بودند. بیشترین ترکیب استخراج‌شده مربوط به پلی‌اتیلن ترفتالات (PET) و پلی‌وینیل کلراید (PVC) بود. مقادیر MPs در عمق های مختلف نمونه‌برداری متفاوت است و با افزایش عمر محل دفن و سن مواد پلاستیکی افزایش می یابد. میکروپلاستیک‌هایی که اندازه‌ی کوچک‌تری داشتند، در مکان هایی که پسماندهای پلاستیکی در معرض درجات بالای هوازدگی قرار داشتند، دارای بیشترین فراوانی بودند.

نتیجه‌گیری: تولید انبوه پسماندهای پلاستیکی و خطرهای بهداشتی و اکولوژیکی آن به‌عنوان آلاینده‌ای نوظهور و پایدار در محیط‌زیست، بیانگر لزوم توجه ویژه به تدوین برنامه‌هایی برای کاهش مصرف مواد پلاستیکی و افزایش بازیافت زائدات آن است. از طرفی، با توجه به اهمیت کیفیت خاک در چرخه‌ی تأمین مواد غذایی و تأثیر مستقیم آن در آلودگی آب و هوا، پایش و کنترل مستمر آلودگی خاک به این مواد به همراه بررسی منابع ورود آن‌ها به محیط‌زیست می تواند کمک شایانی به مدیریت این چالش کند.

کلمات کلیدی: میکروپلاستیک، پلاستیک، خاک، محل دفن پسماند، آلاینده‌ی نوظهور

◄ **استناد:** ایمانیان، صنوبر؛ مصطفی لو، رقیه؛ فنائی، فرزانه؛ صحراگرد، سپیده. بررسی نوع و فراوانی میکروپلاستیک ها در خاک محل های دفن پسماند شهری: مرور سیستماتیک. مجله تحقیقات سلامت در جامعه، بهار ۱۴۰۳؛ ۱۰(۱): ۱۰۸-۹۵.

مقدمه

با رشد صنایع و افزایش مصارف گوناگون به‌وسیله‌ی انسان‌ها و به‌تبع آن، تولید انواع پسماند، انتشار آلاینده‌های مختلف در

[Downloaded from jhc.mazums.ac.ir on 2024-05-06]

محیط‌زیست به‌طور چشمگیری افزایش یافته است [۱، ۲]. خاک به‌عنوان منبع طبیعی، سرمایه‌ی ملی و بستر حیات، نقشی اساسی در استقرار و رشد جوامع بشری و سایر مخلوقات دارد [۳]. اگرچه خاک از جمله منابع تجدیدپذیر به شمار می‌رود، هنگامی که سرعت تولید آن را با سرعت تخریب آن مقایسه می‌کنیم، اهمیت حفاظت از آن بیشتر جلوه می‌کند. از طرف دیگر، بخش مهمی از زنجیره‌ی غذایی انسان و حیوانات از خاک است. به همین دلیل، هرگونه آلودگی موجود در خاک ناشی از عوامل مختلف طبیعی یا مصنوعی، پسماندهای کشاورزی و صنعتی، فعالیت‌های شهری و دفع پسماندهای آلوده می‌تواند در طی زنجیره‌ی غذایی و نیز نفوذ به آب‌های زیرزمینی به سطوح بالاتر انتقال یابد و در نهایت، متوجه انسان شود [۷-۴]. همچنین، علاوه بر اینکه خاک پالاینده‌ی طبیعت محسوب می‌شود، می‌تواند به‌عنوان مخزنی برای پذیرش انواع آلاینده‌های شیمیایی، بیولوژیکی و فیزیکی عمل کند [۸]. در واقع، خاک آلاینده‌ها را دریافت می‌کند و هم‌زمان، به‌عنوان محل ذخیره‌سازی آن‌ها نیز نقش ایفا می‌کند [۹, ۱]. متأسفانه، بحث آلودگی خاک نسبت به سایر آلودگی‌های زیست‌محیطی همچون آب و هوا، به‌دلیل ملموس نبودن آن، کمتر جلب توجه می‌کند. ولی باید توجه کرد که خاک به‌عنوان عنصری میانی بین آب و هوا نقش بسیار مهمی در انتقال و نگهداشت آلودگی دارد. به‌خصوص، به‌دلیل ماهیت جامد آن، مسئله‌ی نگهداشت و انتقال آلودگی از این محیط به سایر محیط‌ها و جانداران شایسته‌ی تأمل است [۱]. همان‌گونه که آلاینده‌های موجود در خاک از محیط‌های دیگر به آن وارد می‌شوند، این آلاینده‌ها از خاک نیز می‌توانند وارد هوا و منابع آبی شوند [۱۱،۱۰]. یکی از راه‌های معمول ورود آلاینده‌ها به خاک و آب‌های اطراف حمل‌ونقل و دفع غیربهداشتی پسماند است. پسماندها جزو منابع مهم آلاینده در شهرها، خصوصاً شهرهای بزرگ است و نبود مدیریت مناسب در مرحله‌ی جمع‌آوری و در نهایت، دفع آن‌ها می‌تواند باعث ایجاد بحران‌های جدی بهداشتی و زیست‌محیطی شود [۱۲]. در طی دهه‌های گذشته، افزایش بیش از حد جمعیت و پیشرفت جوامع شهری، خصوصاً در شهرهای بزرگ، باعث تولید و تجمع پسماندها در حجم زیاد با ترکیب و کیفیت‌های مختلف شده است. به همین دلیل، نهادهای ذی‌ربط در اکثر کشورها با انواع چالش‌های مهم در زمینه‌ی مسائل بهداشتی و زیست‌محیطی مربوط به مدیریت و دفع صحیح پسماندهای تولیدی مواجه هستند [۹, ۶]. دفن پسماند به روش لندفیل یکی از روش‌های پرکاربرد مدیریت پسماندهای جامد شهری در بسیاری از نقاط جهان است که در صورت رعایت نکردن قوانین و استانداردهای زیست‌محیطی، می‌تواند سبب آلودگی خاک، هوا، مواد غذایی و منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی شود [۹]. تنوع ترکیب و غلظت آلاینده‌ها در محل‌های دفن به ترکیب پسماند دفن‌شده وابسته است [۱۳]. پسماندها ممکن است حاوی ترکیبات تجزیه‌پذیر مانند باقی‌مانده‌ی مواد غذایی و ترکیبات سخت تجزیه‌پذیر یا تجزیه‌ناپذیری مانند پلاستیک‌ها باشند. پلاستیک‌ها با توجه به مزیت اقتصادی، بهداشتی، دوام و طول عمر بالا و مزایای دیگر، به‌طور گسترده تولید و استفاده می‌شوند [۱۵, ۱۴, ۴]. تخمین زده‌اند که سالانه، حدود ۴۰۰میلیون تن پلاستیک تولید می‌شود و پیش‌بینی می‌شود این مقدار تا سال ۲۰۵۰، به بیش از دو برابر نیز افزایش یابد [۱۶]. تولید روزافزون و مدیریت ناکافی پسماندهای پلاستیکی به ایجاد نوعی نگرانی جهانی در این زمینه منجر شده است [۱۷ , ۱۲]. معمولاً برای دفع آن پسماندهای پلاستیکی که بازیافت نشده‌اند، از محل‌های دفن پسماند استفاده می‌شود [۱۸, ۱۳, ۸]. بر اساس گزارش‌ها، لندفیل‌ها حدود ۸۰ درصد از پلاستیک‌های تولیدشده در دنیا را در خود جای می‌دهند؛ بنابراین، می‌توانند یکی از منابع مهم پخش این آلاینده در محیط‌زیست به شمار آیند [۱۹]. از طرفی، به‌دلیل رعایت نکردن استانداردهای لازم در مکان‌های دفن، با دفن این پسماندها نه‌تنها مشکل به‌طور اساسی برطرف نشده، بلکه آلودگی محیط‌زیست افزایش یافته است [۲۰]. پس از دفن، پسماندهای پلاستیکی تحت تأثیر عوامل زیادی از جمله تجزیه‌ی زیستی،

[Downloaded from jhc.mazums.ac.ir on 2024-05-06]

تغییرات شدید دما (دما ممکن است تا ۹۰-۶۰ درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش یابد) و اسیدیته (نوسانات pH)، تولید گازها (CH_4 یا CO_2)، شرایط محیطی مانند شوری یا فشار بالا، استرس فیزیکی، تراکم و فعالیت میکروبی دچار تغییرات فیزیکی و بیوشیمیایی می‌شوند. در نتیجه‌ی این عوامل و تغییرات، ضایعات پلاستیکی تجزیه و به قطعات کوچک‌تری به نام میکروپلاستیک‌ها (MPs-Microplastics) تبدیل می‌شوند [۱۲, ۱۶, ۱۷, ۲۰-۲۳].

MPs گروهی از آلاینده‌های نوظهور با قطر کمتر از ۵ میلی‌متر و با ماندگاری بالا در آب، خاک و هوا هستند که از تخریب قطعات بزرگ‌تر پلاستیک ایجاد می‌شوند [۴, ۱۴, ۲۴]. ازاین‌رو، MPs را می‌توان به میکروپلاسیک‌های اولیه و ثانویه طبقه‌بندی کرد [۲۳, ۱۴]. این آلاینده طیف گسترده و ناهمگنی از مواد با ترکیب شیمیایی، اشکال، رنگ‌ها، اندازه و تراکم‌های متفاوت را در بر می‌گیرد [۱۳]. این ویژگی‌ها از عوامل مهم جابه‌جایی و توزیع MPs در محیط است و ممکن است سمیت، ردیابی و شناسایی این آلاینده را پیچیده‌تر کند [۲۶, ۲۵]. MPs به‌دلیل ماهیت آب‌گریز به‌عنوان ناقل مواد شیمیایی خطرناک عمل می‌کند و مواد آلی سمی و فلزات سنگین را جذب می‌کند که موجب پایداری این مواد می‌شود [۲۱, ۱۶]. وجود MPs در محل‌های دفن پسماند خطرهای بالقوه‌ای برای محیط های اطراف ایجاد می‌کند [۷]. خاک و آب‌های زیرزمینی به‌دلیل انتقال و مهاجرت احتمالی MPs از محل دفن پسماند توسط شیرابه آلوده می‌شوند [۱۶, ۱۳]. همچنین، مواد سمی و فلزات سنگین جذب‌شده توسط MPs می‌تواند باعث آلودگی خاک کشاورزی شود [۲۷, ۲۲]. علاوه بر این، ذرات MPs می‌توانند از طریق هوا و جو از محل‌های دفن پسماند به محیط‌های اطراف منتقل شوند [۷]. در صورت استنشاق، MPs ممکن است به ریه‌ها و معده برسد و سیستم تنفسی و گوارشی انسان را تهدید کند [۲۸]. این ترکیبات می‌توانند از طریق بلع یا تماس پوستی نیز وارد بدن انسان شوند [۲۹]. بر اساس گزارش‌ها، ورود MPs به بدن انسان می تواند به ایجاد اثرهای سوء از جمله تغییر در کروموزم‌ها، جهش ژنی، ناباروری و افزایش خطر ابتلا به سرطان منجر شود [۳۰-۳۲].

حضور MPs در خاک می‌تواند به ایجاد تغییرات زیادی از جمله تغییر در ظرفیت نگهداشت آب، تغییر در ترکیب طبیعی و ساختار خاک، کاهش کیفیت و حاصل‌خیزی، توقف رشد گیاه و همچنین اثر بر جامعه‌ی میکروبی، جانداران و گیاهان در خاک منجر شود [۱۶, ۳۰, ۳۳, ۳۴]. مطالعات متعددی به بررسی آلودگی MPs در محیط آبی پرداخته‌اند؛ اما با توجه به ملموس نبودن آلودگی در محیط خاک و دشواری ارزیابی MPs در خاک، کمتر به آن توجه شده است [۳۶, ۳۵]. با توجه به نقش و اهمیت خاک در سلامت انسان و توسعه‌ی پایدار و همچنین، نگرانی‌های مرتبط با MPs به‌عنوان آلاینده‌ای نوظهور و پایدار در محیط، بر آن شدیم تا با انجام مطالعه‌ای سیستماتیک، انواع و فراوانی میکروپلاستیک‌ها در خاک مکان‌های دفن پسماند شهری به‌عنوان یکی از مخازن اصلی ورود MPs به اکوسیستم‌های آبی و خاکی را بررسی کنیم.

روش کار

در مطالعه‌ی حاضر، به‌منظور گزارش فرایند جست‌وجو، مستندسازی و غربالگری مطالب طبق شکل ۱، از چک‌لیست پریزما (موارد گزارش ترجیحی برای بررسی‌های سیستماتیک و متاآنالیزها) استفاده شد.

استراتژی‌های جست‌وجو

استراتژی‌های جست‌وجوی مطالعه با بررسی مطالعات مشابه قبلی برای رسیدن به هدف پژوهش (بررسی آلودگی میکروپلاستیک‌ها در خاک محل دفن پسماند شهری) تعیین شد. برای شناسایی مطالعات مرتبط، از کلیدواژه‌های اصلی Microplastic، Soil، landfill و کلمات معادل در Mesh از جمله (Microplastic* OR Mesoplastic* OR

[Downloaded from jhc.mazums.ac.ir on 2024-05-06]

Nanoparticle* OR Plastic*) و (Peat OR OR Soils Humus) و (Landfill OR Waste Dump OR Waste Disposal OR Disposal Facility) استفاده شد. جست‌وجو بدون در نظر گرفتن محدودیت زمانی تا ۱۰ دسامبر ۲۰۲۳، در پایگاه‌های داده‌ی الکترونیکی بین‌المللی PubMed، Science Direct، Web of Science، Scopus و در پایگاه‌های داخلی از جمله بانک اطلاعات نشریات کشور (magiran)، بانک اطلاعات جهاد دانشگاهی (SID) انجام شد. استراتژی جست‌وجو در پایگاه های داده‌ی الکترونیکی بین‌المللی در ضمیمه‌ی S۱ ارائه شده است.

معیارهای واجد شرایط بودن و انتخاب مطالعه

پس از جست‌وجو، مطالعات وارد نرم‌افزار EndNote شد و به‌وسیله‌ی آن، موارد تکراری حذف شدند. سپس، بر اساس معیارهای ورود و خروج تعیین‌شده توسط تیم پژوهش، مقالات مرتبط با پژوهش غربالگری شد.

معیارهای ورود و خروج مطالعه‌ی حاضر: بررسی مطالعات منتشرشده به‌عنوان مقالات اصلی و خروج سایر مطالعات از جمله مقالات مروری و بررسی‌های منتشرشده به‌صورت کتاب، نامه به سردبیر، سمینار، کنفرانس، پایان‌نامه، گزارش‌ها، بررسی مطالعات منتشرشده به زبان انگلیسی و فارسی که متن کامل آن در دسترس بود و خروج مطالعات به زبان‌های دیگر و مواردی که متن کامل آن‌ها در دسترس نبود و همچنین، بررسی مطالعات منتشرشده در تمام زمان‌ها بدون در نظر گرفتن محدودیت زمانی، مطالعات منتشرشده در رابطه با خاک محل دفن و خروج مطالعات درباره‌ی سایر اکوسیستم‌های خاکی از جمله خاک کشاورزی، صنعتی و شهری. در آخر، مطالعاتی که قوی‌ترین ارتباط موضوعی با عنوان مطالعه را داشتند، بررسی شدند و مطالعات غیرمرتبط از مطالعه‌ی حاضر حذف شدند.

استخراج داده‌ها

ابتدا، جست‌وجو در پایگاه‌های داده و وارد کردن داده‌ها به نرم‌افزار EndNote را یکی از محققان (R. M) انجام داد. سپس، تمام مراحل غربالگری مقالات را مطابق با معیارهای ورود و خروج، دو محقق دیگر (S.I و S.S) به‌طور مستقل انجام دادند و در صورت اختلاف نظر، برای رفع تناقض، مقالات را محقق سوم (F.F) ارزیابی کرد. سپس، مقالاتی که معیار ورود به مطالعه را داشتند، به‌طور دقیق بررسی شدند.

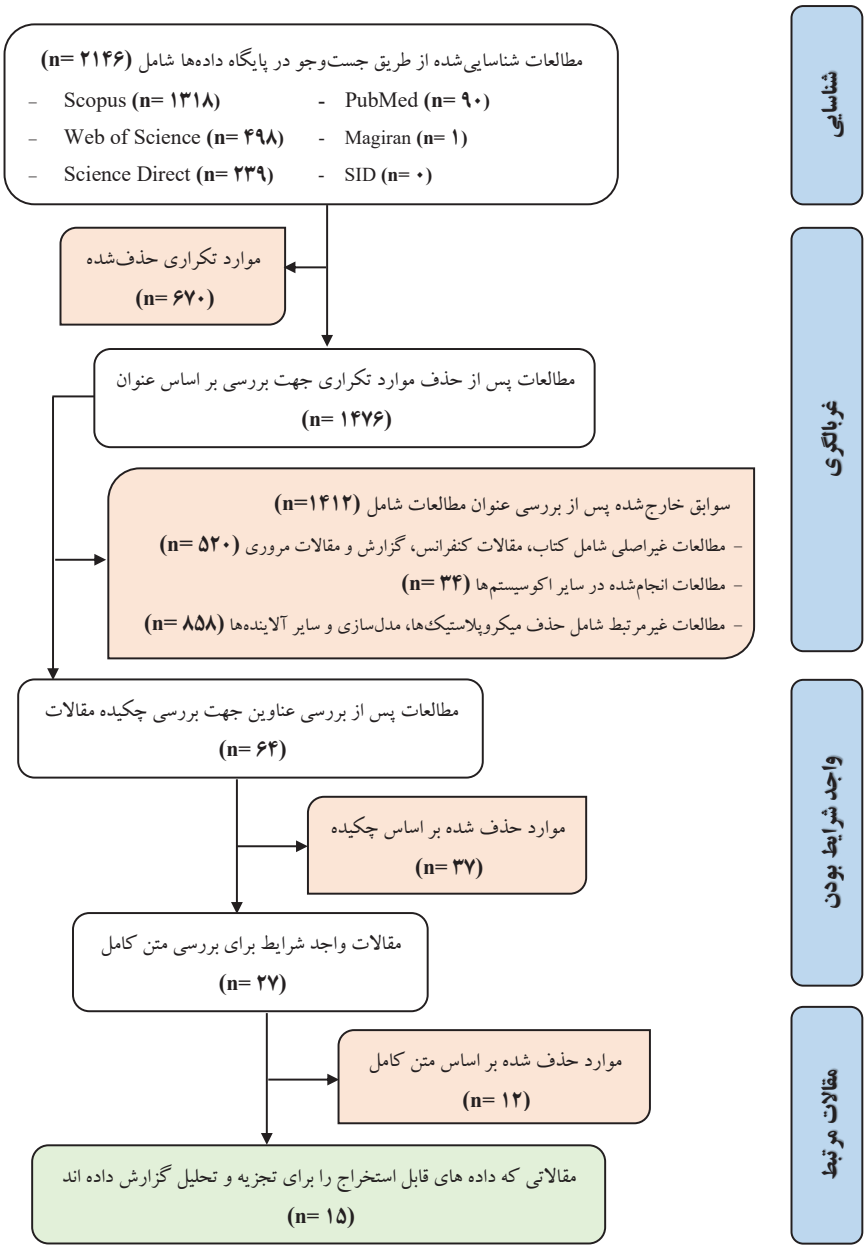
یافته‌ها

مطابق شکل ۱، در جست‌وجوی اولیه، تعداد ۲۱۴۶ مطالعه یافت شد که پس از حذف موارد تکراری و غیرمرتبط، تعداد ۱۴۱۲ مقاله را محققان بررسی کردند. در ادامه، بر اساس معیارهای ورود و خروج، تعداد ۲۷ مقاله برای بررسی متن کامل واجد شرایط بودند که از این تعداد، ۱۵ مقاله داده‌های قابل استخراج برای تجزیه‌وتحلیل را گزارش داده بودند.

موارد استخراج‌شده از مطالعات بررسی‌شده شامل محل مطالعه، سال مطالعه، روش‌های تشخیص، غلظت (حداکثر، متوسط و حداقل)، اندازه‌ی MPs، تعداد نمونه، شکل و ترکیب MPs بود که نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است.

بر اساس نتایج، ترکیب پسماند در محل دفن به پارامترهای مختلفی بستگی دارد که این موضوع به‌نوعی در ترکیب و میزان میکروپلاستیک‌ها نیز مؤثر است. بیشتر ترکیبات استخراج‌شده پلی‌اتیلن ترفتالات (PET) و پلی‌وینیل کلراید (PVC) بودند. در مطالعات، اندازه‌ی قطر منافذ الک استفاده‌شده برای عبور ذرات معمولاً بین ۲ تا ۱۰ میلی‌متر بود. خرد کردن ذرات بزرگ‌تر به ذرات کوچک‌تر و نوع نمونه‌برداری نیز در تعیین اندازه‌ی ترکیبات تأثیرگذار بود. میزان میکروپلاستیک‌ها در عمق‌های مختلف و سایت‌های قدیمی و جدید متفاوت بود. میکروپلاستیک‌های کوچک (۰/۱۵-۰/۰۳ میلی‌متر) معمولاً در مناطقی فراوان‌تر بودند که پسماندهای پلاستیکی در محل دفن درجه‌ی بالایی

[Downloaded from jhc.mazums.ac.ir on 2024-05-06]



شکل ۱: نمودار جریان پریزما برای شناسایی، غربالگری، واجد شرایط بودن و گنجاندن مقالات مرتبط

از هوازدگی را تجربه کرده بود. مقدار میکروپلاستیک‌ها با افزایش سن محل دفن و سن ماده‌ی پلاستیکی افزایش می‌یابد. ازاین‌رو، میکروپلاستیک‌ها با غلظت‌های مختلفی در خاک محل دفن گزارش شده بودند. از روش‌های متنوع و متفاوتی برای اندازه‌گیری و تشخیص میکروپلاستیک‌ها استفاده شده بود. برای شناسایی میکروپلاستیک‌ها از میکروسکوپ‌ها و ماژول‌های میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و طیف مادون قرمز تبدیل فوریه (FTIR) استفاده شده بود. همچنین، از میکروسکوپ

[Downloaded from jhc.mazums.ac.ir on 2024-05-06]

جدول ۱: ترکیب، تعداد نمونه، اندازه، غلظت، شکل و روش‌های تشخیص میکروپلاستیک‌ها در خاک مکان‌های دفن پسماند

	محل مطالعه	سال مطالعه	روش تشخیص	غلظت			شکل	تعداد نمونه	اندازه	ترکیب	رفرنس
				حداکثر	متوسط	حداقل					
۱	پاکستان	۲۰۲۰	Stereo microscope	۱۲۲۰۰ MPs/kg	۲۳۱۵ ± ۴۴۸۳ MPs/kg	۱۷۵۰ MPs/kg	fiber, sheet, fragment, foam, bead	۴۰	۵۰–۱۵۰ µm (٪۳۰/۶۷) ۱۵۰–۳۰۰ µm (٪۲۸/۱۷) ۳۰۰–۵۰۰۰ µm (٪۴۱/۱۶)	-	(۳۷)
۲	بنگلادش	۲۰۲۰	FTIR Stereo microscope	-	-	-	film, fragment, fiber	۱۰	۰/۰۰۱-۰/۲ mm	LDPE, HDPE, CA	(۳۸)
۳	چین	۲۰۲۲	SEM FTIR Stereo microscope	۱۴۲۰۰ items/kg	-	۵۷۰ items/kg	Fibrous, film, fragment	۱۰	۰/۰۳ –۰/۱۵ mm ۰/۱۵-۱ mm	PE, PP, PET	(۱۳)
۴	چین	۲۰۲۲	Micro-FTIR SEM	(محل دفن بهداشتی) ۱۴۴ items/g (محل دفن غیر بهداشتی) ۱۶۸ items/g	-	(محل دفن بهداشتی) ۱۰ items/g (محل دفن غیر بهداشتی) ۴ items/g	fragment, film, granule, linear, rod	-	(محل دفن بهداشتی) <۱۰۰ µm (٪۳۷/۸۱) ۱۰۰–۵۰۰ µm (٪۳۴/۳۵) ۵۰۰-۱۰۰۰ µm (٪۱۲/۲۷) ۱۰۰۰-۵۰۰۰ µm (٪۱۰/۵۷) (محل دفن غیربهداشتی) <۱۰۰ µm (٪۴۸/۶۱) ۱۰۰–۵۰۰ µm (٪۲۷/۲۲) ۵۰۰-۱۰۰۰ µm (٪۱۴/۹۵) ۱۰۰۰-۵۰۰۰ µm (٪۹/۲۲)	PE, PP, PS, PU, PA, PET, PVC	(۳۹)
۵	ایران	۲۰۲۲	Stereo microscope FTIR	-	میکروپلاستیک (MPs) خاک سطحی ۷۶ ± ۳۴/۹۸ خاک عمقی ۲۴/۷±۱۹/۷۹ (particles/kg_{soil}) مزوپلاستیک (MEPs) خاک سطحی ۳/۵۵ ± ۱/۰۹ خاک عمقی ۵/۲۵ ± ۲/۹۱ (particles/kg_{soil})	-	میکروپلاستیک (MPs) ۰/۱–۰/۵ mm (٪۴۴/۶۴) ۰/۵–۱ mm (٪۳۰/۷۳) ۱-۲ mm (٪۱۸/۵۲) مزوپلاستیک (MEPs) ۰/۵ -۱ cm (٪۶۱/۴۶) ۱ -۱/۵ cm (٪۳۴/۳۸)	۲۰	میکروپلاستیک (MPs) Fragment, film pellet, foam مزوپلاستیک (MEPs) Fragment, film, fiber, foam	میکروپلاستیک (MPs) LDPE, PP, PS, PA, PUR مزوپلاستیک (MEPs) LDPE, PS, PP, PVC, PA	(۴۰)
۶	ایران	۲۰۲۳	Stereo microscope FTIR–ATR SEM	-	میکروپلاستیک (MPs) خاک سطحی ۸۶۳ ± ۶۸۱ خاک عمقی ۲۲۵ ± ۱۳۸ (particles/kg_{soil}) مزوپلاستیک (MEPs) خاک سطحی ۲۹/۸ ± ۶/۴ خاک عمقی ۱۸/۱ ± ۸/۳ (particles/kg_{soil})	-	میکروپلاستیک (MPs) ۰/۱ –۰/۵ mm (٪۴۲/۸) ۰/۵ -۱ mm (٪۳۳/۸) ۱ -۲ mm (٪۱۷/۲) مزوپلاستیک (MEPs) ۰/۵ -۱ cm (٪۷۷/۴) ۱ -۱/۵ cm (٪۱۲/۷) ۱/۵ -۲/۵ cm (٪۹/۹)	۵۶	میکروپلاستیک (MPs) Film, fiber, fragment مزوپلاستیک (MEPs) Film, foam-like, fragment	میکروپلاستیک (MPs) LDPE, PP, PS, PET, PA, PVC مزوپلاستیک (MEPs) LDPE, PP, PS, PA, PET, PVC	(۴۱)
۷	پرتغال	۲۰۲۳	µ-FTIR stereo microscope	$۱۵۰\times۱۰^{۳}\pm۱۶\times۱۰^{۳}$ particle·$kg^{-۱}$	-	-	Pellet, Fragment, film, fiber	۶	۵۰ - ۲۵۰µm	PP, PE, Rubber, polyester	(۴۲)
۸	انگلستان	۲۰۲۳	ATR-FTIR µ-FTIR GC–MS	-	۴۲ items/۲۵ $m^{۲}$ ۱۲/۳ particles $g^{-۱}$ dw soil	-	Film, Fragment, foam	۶	۲۵–۱۷۸ µm (٪۹۷/۳) ۱۷۸–۵۶۷ µm (٪۲/۵) > ۵۶۷ µm (٪۰/۲)	PS, PE, PP PET,	(۴۳)
۹	چین	۲۰۲۳	Py-GC/MS	-	۷/۶۲ kg/ton (لندفیل قدیمی) ۵/۴۹ kg/ton (لندفیل جدید)	-	Film, Fragment, fiber, granule	۳۰	> ۱ mm ۰/۵–۱ mm < ۰/۵ mm	PE, PP, PS	(۴۴)
۱۰	چین	۲۰۲۳	fluorescence microscope	۳۵۷۳ items·$g^{-۱}$	-	-	Pellet, wedge, rod, fibrous	۷	≤ ۱۰µm, (٪۶۵/۶۱) ۱۰–۵۰µm ۵۰–۱۰۰µm ۱۰۰–۱۰۰۰µm ۱۰۰۰–۵۰۰۰µm	-	(۴۵)
۱۱	هند	۲۰۲۳	ATR-FTIR SEM EDS stereo zoom microscope	۱۱۲۰ particles/kg of soil	-	۱۸۰ particles/kg of soil	Film, fragment, fiber, Foam	۱۰	۶۰۰µm - ۱ mm	PE, PP	(۴۶)
۱۲	ایران	۲۰۲۳	ATR-FTIR stereo microscope	۷۶۵۱۳ items/kg dry soil	-	۳۱۶۰ items/kg dry soil	Fiber, fragment, film pellet	۶	۰/۴۵ – ۲۵ µm (٪۵۹/۳۲) ۲۵µm –۵ mm (٪۴۰/۶۸)	LDPE, HDPE, PP, PES, PET	(۴۷)
۱۳	نیجریه	۲۰۲۳	FT-IR	-	-	-	-	۲۱	>۵ mm	PET, PS, PP	(۴۸)
۱۴	قزاقستان	۲۰۲۳	DTX ۵۰۰ LCD Levenhuk microscope	-	۰/۸۱ $g^{-۱}$	-	Plate, film, fiber	۶	< ۵ mm (٪ ۳۲/۱۴) ۵ -۱۰ mm (٪۵۰) ۱۰ -۲۰ mm (٪۱۴/۲۹) ۲۰ -۵۰ mm (٪۳/۵۷)	-	(۴۹)
۱۵	کره	۲۰۲۳	FT-IR microscope analysis	۷۳/۴ MPs(ea)/kg	-	۹۷/۸ MPs(ea)/kg	fragment, fiber, film	۵	۱ – ۵ mm	PP, PE, PVC, PS, PET, nylon, PMMA	(۵۰)

(GC-MS) gas chromatography with mass spectrometry detector, **(SEM)** Scanning electron microscope, **(FTIR)** Fourier Transform Infrared, **(Micro-FTIR)** Microscopic Fourier transform infrared spectroscopy **(LDPE)** Low density polyethylene, **(PET)** polyethylene terephthalate, **(PVC)** Polyvinyl chloride, **(PE)** polyethylene, **(PS)** Polystyrene, **(PU)** polyurethane, **(PP)** polypropylen, **(PA)** Polyamide, **(CA)** Cellulose acetate, **(PBAT)** polybutylene adipate terephthalate

[Downloaded from jhc.mazums.ac.ir on 2024-05-06]

الکترونی روبشی با امکان تجزیه‌وتحلیل پرتو ایکس پراکنده‌ی انرژی (EDX) استفاده شده بود. به تعداد نمونه، شکل و ترکیب میکروپلاستیک‌ها در بعضی از مطالعات اشاره‌ای نشده بود.

بحث و نتیجه‌گیری

میکروپلاستیک‌ها در خاک محل دفن پسماند

اثرهای مضر پسماندهای پلاستیکی انباشته‌شده در خاک محل‌های دفن با توجه به تحقیقات کم در این زمینه، به بررسی و مطالعه‌ی بیشتر نیاز دارد. ورود پلاستیک‌ها و تبدیل آن‌ها به میکروپلاستیک در محل دفن به آلودگی خاک و محیط‌زیست منجر می‌شود [۵۱, ۷]. ترکیب و کمیت پسماند در محل‌های دفن به پارامترهای مختلفی مانند نوع پسماند، سیستم‌های مدیریت و بازیافت، گسترش شهرنشینی و فرهنگ جامعه و کاهش در مبدأ و سیستم دفع بستگی دارد [۵۲]. تفاوت در نوع پسماند به تفاوت در ترکیب و مقدار میکروپلاستیک‌ها منجر می‌شود [۵۲, ۲۵]. شهرهایی که برای بسته‌بندی از کاغذ و مقوا استفاده می‌کنند، پلاستیک تولیدی کمتری دارند [۵۲]. آلودگی میکروپلاستیک‌ها در سکونتگاه‌های شهری در هند ناشی از فعالیت‌های نامناسب مدیریت پسماند بود. به‌طور مثال، در مطالعه‌ای که به این منظور Rafique و همکاران (۲۰۲۰) انجام دادند، نمونه‌ها از کاربری‌های مختلف زمین مانند مناطق کشاورزی، سایت‌های تخلیه‌ی پسماند جدید و قدیمی، مناطق صنعتی، فضای سبز و پارک‌ها، اطراف جاده‌ها و زمین‌های بایر جمع‌آوری شدند [۳۷]. نتایج این مطالعه نشان داد که آلودگی میکروپلاستیک‌ها در شهر لاهور به‌دلیل فعالیت‌های انسانی و شرایط محیطی است و انتشار این آلاینده‌ی نوظهور با تولید و استفاده از مواد پلاستیکی و فعالیت‌های صنعتی و پسماندهای انسانی مرتبط است. همچنین، این مطالعه بیان کرد که غلظت پایین‌تر MPs در سایت‌های تخلیه‌ی جدید نسبت به سایت‌های قدیمی به‌دلیل تازه بودن پسماندهای جامد تخلیه‌شده در این مکان‌ها است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت برای تجزیه‌ی پلاستیک‌های بزرگ به ذرات MPs ریز مدت‌زمان درخور توجهی لازم است [۳۷]. در مطالعه‌ی دیگری که قربانی‌نژاد و همکاران (۲۰۲۲) به‌منظور تعیین فراوانی میکروپلاستیک‌ها در خاک مجاور لندفیل تهران انجام دادند (جدول ۱)، نتایج حاکی از آن بود که تراکم میکروپلاستیک‌ها در خاک‌های سطحی بیشتر از نمونه‌های برداشته‌شده از خاک‌های عمقی است و دلیل این امر به ماهیت سبک بودن پلاستیک‌ها و رها شدن آن توسط باد در اتمسفر و در نهایت، تجمع در خاک سطحی نسبت داده شد [۳۶]. همچنین، تنوع پلیمری میکروپلاستیک‌های شناسایی‌شده در منطقه‌ی مسکونی مجاور لندفیل تهران بالاتر از سایر مناطق گزارش شد. در مطالعه‌ای که Shentu و همکاران (۲۰۲۳) به‌منظور تعیین توزیع و انتشار MPs بین لایه‌های محل دفن پسماند انجام دادند، نمونه‌ها از داخل و خارج محل دفن پسماند برای شناسایی MPs برداشته و تجزیه وتحلیل شدند که میکروپلاستیک‌های شناسایی‌شده در محل دفن پسماند به‌طور درخور توجهی، بیشتر از خارج محل دفن بود [۴۵].

ترکیب، شکل و رنگ میکروپلاستیک ها

با توجه به نتایج حاصل از بررسی مطالعات انجام‌شده در این زمینه (جدول۱)، می‌توان بیان کرد که پلی‌اتیلن (PE– Polyethylene)، پلی‌پروپیلن (PP–Polypropylene)، پلی‌اتیلن ترفتالات (PET-Polyethylene terephthalate) و پلی‌وینیل کلراید (PVC-Polyvinyl chloride) از جمله انواع پلیمرهای اصلی شناسایی‌شده در خاک محل دفن بودند. در مطالعه‌ی Kim و همکاران (۲۰۲۳)، بالاترین فراوانی ترکیب میکروپلاستیک در محل دفن پسماند مربوط به PP و PE با فراوانی ۶۵ درصد بود و رنگ سیاه بالاترین نسبت (حدود ۳۰ درصد) را به خود اختصاص داد که ممکن است به‌دلیل استفاده‌ی گسترده در زندگی روزمره برای اهداف مختلف مانند لاستیک، سیم، منسوجات و بسته‌بندی باشد [۵۰]. در مطالعه‌ی Wan و همکاران، در میان اشکال مختلف میکروپلاستیک‌ها،

[Downloaded from jhc.mazums.ac.ir on 2024-05-06]

شکل‌های فیلم (film)، قطعه (fragment) و فیبر (fiber) غالب بودند [۱۳]. تفاوت در اشکال میکروپلاستیک ممکن است به‌دلیل تفاوت در ترکیب پسماند پلاستیکی و فرایندهای هوازدگی در محل دفن پسماند باشد. رنگ میکروپلاستیک‌ها نیز متنوع (آبی، زرد، مشکی، بنفش، قرمز، سبز، سفید و شفاف) است، اما در بیشتر نمونه‌ها، میکروپلاستیک‌های شفاف غالب هستند؛ زیرا اکثر محصولات پلاستیکی رایج مانند کیسه‌ی پلاستیکی، بسته‌بندی و ظروف یک‌بارمصرف معمولا شفاف هستند [۱۳].

اندازه‌ی میکروپلاستیک ها و نمونه‌برداری از آن‌ها

در مطالعات بررسی‌شده، اندازه‌ی ذرات میکروپلاستیک‌ها در گستره‌های متفاوتی از کمتر از ۱۰ µm تا بیش از ۵ mm شناسایی شدند. اما به‌طور کلی، اکثر مطالعات اندازه‌ی کمتر از ۱۰۰ µm را برای میکروپلاستیک‌های شناسایی‌شده در خاک محل دفن پسماند گزارش کردند. اندازه‌ی کوچک‌تر ذرات میکروپلاستیک‌های شناسایی‌شده می‌تواند ناشی از افزایش سن محل دفن و افزایش میزان تجزیه‌ی فیزیکی پسماندهای پلاستیکی در محل دفن در نتیجه‌ی قرار گرفتن بیشتر در معرض عوامل محیطی و هوادیدگی باشد. در مطالعه‌ی انجام‌شده توسط Rafique و همکاران، از ۸ منطقه‌ی مختلف بین ۴ تا ۸ مورد نمونه‌برداری شد و نمونه‌های فرعی نیز با وزنی حدود ۵۰۰ گرم از فاصله‌ی ۲/۵متری برداشته و با یکدیگر ترکیب شدند [۳۷]. همچنین، برای استخراج میکروپلاستیک‌ها از خاک، از روش جداسازی فیزیکی مبتنی بر چگالی استفاده شده بود. نتایج متفاوت در مطالعات حاضر ممکن است با نمونه‌برداری به‌صورت همگن یا از عمق‌های متفاوت یا تعدد نمونه‌برداری در فواصل زمانی متفاوت مرتبط باشد. در مطالعه‌ی Sarka و همکاران، برای توزیع یکنواخت نقاط نمونه‌برداری، از نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌ای استفاده شد [۵۳]. در مطالعه‌ی Wan و همکاران، ۱۲ نمونه در عمق‌های مختلف ۲/۳ تا ۱۴ متر با حفاری و گودبرداری جمع‌آوری شد و سپس، نمونه‌ها از الک با اندازه‌ی منافذ بیش از ۲ میلی‌متر عبور داده شدند [۱۳]. در مطالعه‌ی قربانی‌نژاد و همکاران، برای نمونه‌برداری از سطح خاک، ۳ نمونه از سطح خاک با ابعاد ۰/۵ m در ۰/۵ m و از عمق cm ۳-۰ برداشته و با هم مخلوط شدند [۴۰]. همچنین، از قسمت عمقی خاک نیز نمونه‌برداری به همین صورت انجام گرفت و حدود یک کیلوگرم خاک از هر نقطه جمع‌آوری شد و در مجموع، ۲۰ نمونه از خاک سطحی (cm ۳-۰) و عمقی (cm ۶-۳) برداشته شد. در مطالعات، معمولاً عمق نمونه‌برداری از خاک در محدوده‌ی ۲ تا ۱۰ سانتی‌متر متغیر است. برخی از محققان هم از روش‌های بازه‌ای (۳-۰ سانتی‌متر، ۶-۳ سانتی‌متر یا ۱۰-۰ و ۳۰-۱۰ سانتی‌متر) برای نمونه‌برداری استفاده کرده‌اند. بر اساس مطالعات، می‌توان گفت که استفاده از روش مناسب نمونه‌گیری و تعداد نمونه‌ی مناسب یکی از مراحل مهم برای اطمینان از نتایج است. از طرفی، با توجه به پیچیدگی و ناهمگونی بافت خاک و گستره‌ی وسیع اندازه‌ی ذرات میکروپلاستیک، نمونه‌برداری نامناسب ممکن است به حاصل شدن داده‌های غیرقابل اعتماد منجر شود. بااین‌حال، هنوز روش نمونه‌گیری استانداردی برای میکروپلاستیک‌ها از محیط‌های جامد وجود ندارد.

روش شناسایی میکروپلاستیک‌ها

برای شناسایی میکروپلاستیک‌ها از میکروسکوپ‌ها و ماژول‌های میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و طیف مادون قرمز تبدیل فوریه (FTIR) استفاده شده بود [۵۴, ۵۳]. همچنین، از میکروسکوپ الکترونی روبشی با امکان تجزیه‌وتحلیل پراکندگی انرژی پرتو ایکس (EDX) استفاده شده بود [۱۳]. میکروسکوپ‌ها وجود انواع مختلفی از ذرات پلاستیک تخریب‌شده مانند قطعات، فیلم‌های میکروپلاستیک و الیاف را نشان دادند [۱۳]. روش‌های دیگری از جمله استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی با آشکارساز طیف‌سنجی جرمی (GC-MS)، روش Micro-FT-IR و میکروسکوپ فلورسانس نیز برای شناسایی میکروپلاستیک‌ها

[Downloaded from jhc.mazums.ac.ir on 2024-05-06]

استفاده شده بود. با توجه به نتایج جدول ۱، می‌توان گفت که استریومیکروسکوپ و طیف‌سنجی توسط طیف‌سنج FTIR برای شناسایی و شمارش میکروپلاستیک‌ها بیشترین کاربرد را در مطالعات داشتند [۱۹, ۳۸].

فراوانی و غلظت میکروپلاستیک در محل دفن پسماند و خاک زیرین

فراوانی میکروپلاستیک‌ها در خاک زیرین می‌تواند به میزان آلودگی میکروپلاستیک‌ها، انتقال توسط شیرابه و ساختار خاک مرتبط باشد. در مطالعه‌ی Wan و همکاران، فراوانی میکروپلاستیک‌های شناسایی‌شده در پسماند استخراج‌شده از محل دفن پسماند از ۵۷۰ تا ۱۴۲۰۰ مورد در هر کیلوگرم خاک متغیر بود [۱۳]. در این مطالعه، فراوانی میکروپلاستیک‌ها در خاک زیرین محل دفن پسماند در سطح متوسطی بود که ممکن است به تاریخچه‌ی دفن و ترکیب نمونه‌ها مربوط باشد. همچنین، حدود ۸۵ درصد از میکروپلاستیک‌های موجود در شیرابه و نمونه‌های آب زیرزمینی در محدوده‌ی ۲۰ تا ۱۵۰ میکرومتر بودند که نسبت به میکروپلاستیک‌های خاک زیرین محل دفن پسماندکوچک‌تر است. این امر نشان می‌دهد احتمال انتقال ریزپلاستیک‌های کوچک‌تر به شیرابه‌های محل دفن پسماند و آب‌های زیرزمینی بیشتر است [۵۴]. درحالی‌که میکروپلاستیک‌های بزرگ‌تر می‌توانند در پسماندها یا منافذ خاک محبوس شوند [۱۳]. مطابق با جدول ۱، نتایج غربالگری نشان داد که غلظت میکروپلاستیک‌ها در خاک محل دفن متفاوت و متأثر از عوامل مختلفی است. در مطالعه‌ای که قربانی‌نژاد و همکاران با هدف شناسایی میکروپلاستیک‌ها (MPs) و مزوپلاستیک‌ها (MEPs) در خاک اطراف لندفیل شهر تهران انجام دادند، نتایج نشان داد که غلظت میکروپلاستیک‌های شناسایی‌شده متأثر از عمق نمونه‌برداری است و تفاوت آماری معنی‌داری بین فراوانی میکروپلاستیک‌های شناسایی‌شده در خاک سطحی و عمقی وجود دارد [۴۱, ۴۰].

نتایج این مطالعه بیانگر تراکم بالاتر میکرو و مزوپلاستیک‌ها در خاک‌های سطحی نسبت به خاک‌های عمقی بود که می‌تواند ناشی از رها شدن پلاستیک‌ها در اتمسفر به‌دلیل ماهیت سبک آن‌ها و در نهایت، تجمع آن‌ها در خاک‌های سطحی اطراف محل دفن باشد. نتایج حاصل از سایر مطالعات نیز بیانگر این موضوع بود که فراوانی میکروپلاستیک در عمق‌های مختلف نمونه‌برداری متفاوت است [۵۵]. معمولاً میکروپلاستیک‌های کوچک در محل‌های دفنی که در آن‌ها، پسماندهای پلاستیکی درجه‌ی بالایی از هوازدگی را تجربه کرده‌اند، از فراوانی بیشتری برخوردار بودند. بنابراین، می‌توان گفت که غلظت میکروپلاستیک‌ها با افزایش سن محل دفن و سن ماده‌ی پلاستیکی افزایش می‌یابد [۵۲, ۷]. همواره مقداری مهاجرت و تجمع جزئی میکروپلاستیک‌ها در خاک اطراف محل دفن وجود دارد [۵۶]. تفاوت در مقادیر میکروپلاستیک‌ها بین محل‌های دفن پسماند ممکن است به عوامل مختلفی مانند نوع پسماند، ویژگی‌های خاک محل دفن پسماند و خاک اطراف، مکان‌های جمع‌آوری پسماند و... بستگی داشته باشد. اما باید توجه کرد که برخی از میکروپلاستیک‌ها ممکن است از پسماند سرچشمه نگیرند و ممکن است از فعالیت‌های انسانی دیگر که در مناطق اطراف محل دفن انجام می‌شوند، مانند عبور وسایل نقلیه و... منشأ گرفته باشند [۵۸, ۵۷, ۵۰]. بنابراین، برای محدود کردن مقادیر عناصر سمی واردشده به اکوسیستم، باید اقدامات احتیاطی انجام شود و استراتژی‌های مدیریت پسماند بهتری لحاظ شود [۵۹]. شیرابه‌ی پسماند در محل دفن نیز حاوی میکروپلاستیک است که خواص اسیدی شیرابه به تجزیه‌ی زودتر پلاستیک و تولید میکروپلاستیک بیشتر و انتقال سریع‌تر آن به آب های زیرزمینی سطحی و محیط اطراف منجر می‌شود [۶۱, ۶۰, ۲۰]. جامعه‌ی میکروبی نیز در تجزیه‌ی میکروپلاستیک‌ها اثر می‌گذارد [۶۲]. تنوع جامعه‌ی میکروبی به نوع خاک نیز وابسته است [۶۳]. میکروپلاستیک‌ها در محل‌های دفن پسماند غیربهداشتی، بدون حفاظت کافی می‌توانند راحت‌تر به محیط اطراف نشت

[Downloaded from jhc.mazums.ac.ir on 2024-05-06]

کنند [۶۵, ۶۴]. نتایج مطالعه‌ی Wan و همکاران نشان داد که میکروپلاستیک‌ها می‌توانند از محل دفن پسماند به خاک زیرین در محل‌های دفن پسماند، خصوصاً در محل‌های دفن غیربهداشتی منتقل شوند [۶۶, ۱۳]. علاوه بر این، میکروپلاستیک‌ها در خاک ممکن است تأثیر چشمگیری بر تخریب زیستی و ساختار خاک داشته باشد [۵۰].

این پژوهش مطالعه‌ای مروری و سیستماتیک در خصوص بررسی آلودگی میکروپلاستیک‌ها در خاک محل دفن پسماند شهری بود. نتایج حاصل از بررسی مطالعات نشان داد که تحقیقات مربوط به آلودگی میکروپلاستیک‌ها در خاک محل‌های دفن پسماند در مقایسه با سایر محیط‌ها، فراوانی کمتری دارد. دلیل مطالعات کمتر در این زمینه می‌تواند ناشی از پیچیدگی بافت خاک و دشواری ارزیابی MPs در این محیط‌ها باشد. با وجود این، محل‌های دفن بررسی‌شده حاوی میکروپلاستیک‌هایی با اندازه، ترکیب، شکل و فراوانی مختلف هستند که به‌واسطه‌ی دفن غیراصولی پسماند شهری به خاک اطراف لندفیل وارد می‌شوند و می‌توانند باعث آلودگی محیط‌زیست، انتقال توسط شیرابه به آب‌های زیرزمینی و انتقال به زمین‌های کشاورزی اطراف شوند. این ترکیبات می‌توانند علاوه بر آلودگی خاک، به آلودگی منابع آبی، هوا، گیاهان و محصولات کشاورزی منجر شوند و نهایتاً، به زنجیره‌ی غذایی انسان ورود کنند؛ بنابراین، می‌توانند سلامت انسان، محیط‌زیست و سایر جانداران را به‌طور جدی تحت تأثیر قرار دهند. پیشنهاد می‌شود با توجه به اهمیت آلودگی میکروپلاستیک‌ها در محیط، توجه بیشتری به حضور آن‌ها در خاک شود و مطالعات بیشتری در خصوص بررسی آلودگی MPs در خاک‌های نزدیک به محل‌های دفن پسماند انجام شود و روش‌های تحقیقاتی، نمونه‌برداری، آنالیز و غربالگری طبق استانداردهای دقیق‌تری صورت گیرد. استفاده از روش‌های نوین برای دفع پسماند، تفکیک در مبدأ و جلوگیری از دفع پلاستیک‌های بازیافت‌شدنی به محل‌های دفن، افزایش آگاهی و آموزش راجع به کاهش مصرف مواد حاوی پلاستیک، وضع قوانین سخت‌گیرانه در خصوص مدیریت پسماندهای حاوی این ترکیبات و ابداع استراتژی‌های بهتر مدیریت پسماند از اهمیت زیادی برخوردار است. ازآنجایی‌که منابع انتشار میکروپلاستیک‌ها یکی از عوامل مؤثر بر فراوانی آن‌ها در محیط‌زیست است، می‌توان با انجام فعالیت‌های کاهش در مبدأ، بازیافت و همچنین، بهره‌برداری مناسب از لندفیل‌ها، تا حد زیادی آلودگی خاک اطراف مکان‌های دفن پسماند به این آلاینده‌ی نوظهور و پایدار در محیط‌زیست را مدیریت کرد. علاوه بر این، لازم است که اقداماتی برای بهبود وضعیت فعلی خاک‌های آلوده به MP صورت گیرد و به پاک‌سازی و تصفیه‌ی آن‌ها با روش‌های بیولوژیکی و نوین پرداخته شود.

قدردانی

این مقاله با کد اخلاق IR.BUMS.REC.1402.268 در کمیته‌ی اخلاق در پژوهش دانشگاه علوم پزشکی بیرجند به تصویب رسیده است. از تمام کسانی که در این پژوهش ما را یاری کردند، کمال تشکر و قدردانی را داریم.

تضاد در منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که تضاد منافعی در این مطالعه وجود ندارد.

References

1. Fanaei F, Moussavi G, Shekoohiyan S. Enhanced treatment of the oil-contaminated soil using

[Downloaded from jhc.mazums.ac.ir on 2024-05-06]

biosurfactant-assisted washing operation combined with H2O2-stimulated biotreatment of the effluent. Journal of Environmental Management 2020; 271: 110941.
2. Eslami A, Ghafari M, Sohbatloo V, Fanaei F. Safety Assessment of Zanjan Drinking Water System Using Water Safety Plan. jhehp 2017; 2(3) :138-46.
3. Iqbal S, Xu J, Allen SD, Khan S, Nadir S, Arif MS, et al. Unraveling consequences of soil micro-and nano-plastic pollution on soil-plant system: Implications for nitrogen (N) cycling and soil microbial activity. Chemosphere 2020; 260: 127578.
4. He D, Luo Y, Lu S, Liu M, Song Y, Lei L. Microplastics in soils: Analytical methods, pollution characteristics and ecological risks. TrAC Trends in Analytical Chemistry 2018; 109: 163-72.
5. Havugimana E, Bhople BS, Kumar A, Byiringiro E, Mugabo JP, Kumar A. Soil pollution–major sources and types of soil pollutants. Environmental science and engineering 2017; 11: 53-86.
6. Golwala H, Zhang X, Iskander SM, Smith AL. Solid waste: An overlooked source of microplastics to the environment. Science of the Total Environment 2021; 769: 144581.
7. Mortazavi M, Shahryari T, Fanaei F, Barikbin B. Safety Assessment of Supply and Distribution Management of Drinking Water in Torbat Jam Using WSP-QA TOOL Software. Iranian Journal of Research in Environmental Health. Fall 2019;5(3): 230-8 (Persian).
8. Su Y, Zhang Z, Wu D, Zhan L, Shi H, Xie B. Occurrence of microplastics in landfill systems and their fate with landfill age. Water Research 2019; 164: 114968.
9. Fanaei F, Moussavi G, Shekoohiyan S. Enhanced bioremediation of oil-contaminated soil in a slurry bioreactor by H2O2-stimulation of oil-degrading/ biosurfactant-generating bacteria: performance optimization and bacterial metagenomics. Biodegradation 2023; 34(1): 83-101.
10. Aali R, Fahiminia M, Asadi-Ghalhari M, Fanaei F, Mostafaloo R, Kishipour A. Accomplishment of water safety plan using quality assurance tool in 2020-2021: A case study in a western city of Gilan province, Iran. Environ. Health Eng. Manag 2021; 8(4) :287-94.
11. Fanaei, F.; Shahryari, T.; Mortazavi, M.; Nasseh, N.; Pourakbar, M.; Barikbin, B. Hazard identification and integrated risk assessment of drinking water supply system from catchment to consumer based on the World Health Organization's Water Safety Plan. Desalination Water Treat 2023; 286: 257–73
12. Gu J-D. Biodegradability of synthetic plastics and polymeric materials: An illusion or reality in waste managements. Applied 2020.
13. Wan Y, Chen X, Liu Q, Hu H, Wu C, Xue Q. Informal landfill contributes to the pollution of microplastics in the surrounding environment. Environmental Pollution 2022; 293: 118586.
14. Kim YN, Yoon JH, Kim KH. Microplastic contamination in soil environment–a review. Soil Science Annual 2021; 71(4): 300-8.
15. Fuller S, Gautam A. A procedure for measuring microplastics using pressurized fluid extraction. Environmental science & technology 2016; 50(11): 5774-80.
16. Monkul MM, Özhan HO. Microplastic contamination in soils: A review from geotechnical engineering view. Polymers 2021; 13(23): 4129.
17. Lithner D, Larsson Å, Dave G. Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition. Science of the total environment 2011; 409(18): 3309-24.
18. Hou L, Kumar D, Yoo CG, Gitsov I, Majumder EL-W. Conversion and removal strategies for microplastics in wastewater treatment plants and landfills. Chemical Engineering Journal 2021; 406: 126715.
19. Galafassi S, Nizzetto L, Volta P. Plastic sources: A survey across scientific and grey literature for their inventory and relative contribution to microplastics pollution in natural environments, with an emphasis on surface water. Science of The Total Environment 2019; 693: 133499.
20. He P, Chen L, Shao L, Zhang H, Lü F. Municipal solid waste (MSW) landfill: A source of microplastics?-Evidence of microplastics in landfill leachate. Water research 2019; 159: 38-45.
21. Silva AL, Prata JC, Duarte AC, Soares AM, Barceló D, Rocha-Santos T. Microplastics in landfill leachates: The need for reconnaissance studies and remediation technologies. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering 2021; 3: 100072.
22. Zhao S, Zhang Z, Chen L, Cui Q, Cui Y, Song D, et al. Review on migration, transformation and ecological impacts of microplastics in soil. Applied Soil Ecology 2022; 176: 104486.
23. Sharifi H, Movahedian Attar H. A review of microplastics measuring methods in water and wastewater bodies. Iranian Journal of Health and Environment 2021; 14(1): 173-90 (Persian).

[Downloaded from jhc.mazums.ac.ir on 2024-05-06]

24. Hahladakis JN, Velis CA, Weber R, Iacovidou E, Purnell P. An overview of chemical additives present in plastics: Migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling. Journal of hazardous materials 2018; 344: 179-99.
25. Kishipour A, Mostafaloo R, Arast Y, Asadi Ghalhari M. Micro-plastics as a new Challenge in Water Resource Management; Various forms and Removal Methods,(A review study). Environmental Health 2020; 6(1): 34-44.
26. Nizzetto L, Bussi G, Futter MN, Butterfield D, Whitehead PG. A theoretical assessment of microplastic transport in river catchments and their retention by soils and river sediments. Environmental Science: Processes & Impacts 2016; 18(8): 1050-9.
27. Wu X, Lu J, Du M, Xu X, Beiyuan J, Sarkar B, et al. Particulate plastics-plant interaction in soil and its implications: A review. Science of the Total Environment 2021; 792: 148337.
28. Beckingham B, Ghosh U. Differential bioavailability of polychlorinated biphenyls associated with environmental particles: Microplastic in comparison to wood, coal and biochar. Environmental pollution 2017; 220: 150-8.
29. Bradney L, Wijesekara H, Palansooriya KN, Obadamudalige N, Bolan NS, Ok YS, et al. Particulate plastics as a vector for toxic trace-element uptake by aquatic and terrestrial organisms and human health risk. Environment international 2019; 131: 104937.
30. Tafvizi M, Babaakbari M, Delavar MA. Effect of Low-Density Polyethylene Microplastic Particles on Some Biological Properties and Enzymatic Activity in a Calcareous Soil. Iranian Journal of Soil and Water Research 2021; 52(5): 1287-97 (persian).
31. Prata JC. Airborne microplastics: consequences to human health? Environmental pollution 2018; 234: 115-26.
32. Rahman A, Sarkar A, Yadav OP, Achari G, Slobodnik J. Potential human health risks due to environmental exposure to nano-and microplastics and knowledge gaps: A scoping review. Science of the Total Environment 2021; 757: 143872.
33. 29. Ingraffia R, Amato G, Iovino M, Rillig MC, Giambalvo D, Frenda AS. Polyester microplastic fibers in soil increase nitrogen loss via leaching and decrease plant biomass production and N uptake. Environmental Research Letters 2022; 17(5): 054012.
34. Liu H, Yang X, Liu G, Liang C, Xue S, Chen H, et al. Response of soil dissolved organic matter to microplastic addition in Chinese loess soil. Chemosphere 2017; 185: 907-17.
35. Guo JJ, Huang XP, Xiang L, Wang YZ, Li YW, Li H, et al. Source, migration and toxicology of microplastics in soil. Environment international 2020; 137: 105263.
36. Ren Z, Gui X, Xu X, Zhao L, Qiu H, Cao X. Microplastics in the soil-groundwater environment: aging, migration, and co-transport of contaminants–a critical review. Journal of Hazardous Materials 2021; 419: 126455.
37. Rafique A, Irfan M, Mumtaz M, Qadir A. Spatial distribution of microplastics in soil with context to human activities: a case study from the urban center. Environmental Monitoring and Assessment 2020; 192: 1-13.
38. Afrin S, Uddin M, Rahman M. Microplastics contamination in the soil from urban landfill site, Dhaka, Bangladesh. Heliyon 2020; 6(11).
39. Li N, Han Z, Guo N, Zhou Z, Liu Y, Tang Q. Microplastics spatiotemporal distribution and plastic-degrading bacteria identification in the sanitary and non-sanitary municipal solid waste landfills. Journal of Hazardous Materials 2022; 438: 129452.
40. Ghorbaninejad Fard Shirazi MM, Shekoohiyan S, Moussavi G, Heidari M. Frequency and ecological risk of microplastics and mesoplastics in the soil of residential areas near Tehran landfill in 2021. Iranian Journal of Health and Environment 2022; 15(1): 49-72 (Persian).
41. Ghorbaninejad Fard Shirazi MM, Shekoohiyan S, Moussavi G, Heidari M. Microplastics and mesoplastics as emerging contaminants in Tehran landfill soils: The distribution and induced-ecological risk. Environmental Pollution 2023; 324: 121368.
42. Leitão IA, Van Schaik L, Ferreira A, Alexandre N, Geissen V. The spatial distribution of microplastics in topsoils of an urban environment-Coimbra city case-study. Environmental Research 2023; 218: 114961.
43. Billings A, Carter H, Cross RK, Jones KC, Pereira MG, Spurgeon DJ. Co-occurrence of macroplastics, microplastics, and legacy and emerging plasticisers in UK soils. Science of the Total Environment 2023; 880: 163258.
44. Lou F, Wang J, Sima J, Lei J, Huang Q. Mass concentration and distribution characteristics of microplastics in landfill mineralized refuse using efficient quantitative detection based on Py-GC/MS. Journal of Hazardous Materials 2023; 459: 132098.
45. Guo S, Wu Z, Li X, Shen D, Shentu J, Lu L, et al. Microplastic, a possible trigger of landfill sulfate reduction process. Science of The Total Environment

[Downloaded from jhc.mazums.ac.ir on 2024-05-06]

2024; 906: 167662.
46. Mahesh S, Gowda NK, Mahesh S. Identification of microplastics from urban informal solid waste landfill soil; MP associations with COD and chloride. Water Science and Technology 2023; 87(1): 115-29.
47. Rahmani A, Boroojerdi MN, Seid-Mohammadi A, Shabanloo A, Zabihollahi S, Zafari D. Abundance and characteristics of microplastics in different zones of waste landfill site: A case study of Hamadan, Iran. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering 2023; 8: 100494.
48. Ibor OR, Mpama NO, Okoli CP, Ogarekpe DM, Edet UO, Ajang RO, et al. Occurrence, identification and characterization of plastic pollution from an open solid waste dumpsite in Calabar, Southern Nigeria. Environmental Advances 2023; 11: 100338.
49. Salikova NS, Rodrigo-Ilarri J, Rodrigo-Clavero M-E, Urazbayeva SE, Askarova AZ, Magzhanov KM. Environmental Assessment of Microplastic Pollution Induced by Solid Waste Landfills in the Akmola Region (North Kazakhstan). Water 2023; 15(16): 2889.
50. Kim WK, Park H, Ishii K, Ham GY. Investigation on Microplastics in Soil near Landfills in the Republic of Korea. Sustainability 2023; 15(15): 12057.
51. Duan J, Bolan N, Li Y, Ding S, Atugoda T, Vithanage M, et al. Weathering of microplastics and interaction with other coexisting constituents in terrestrial and aquatic environments. Water Research 2021; 196: 117011.
52. Jani Y, Kaczala F, Marchand C, Hogland M, Kriipsalu M, Hogland W, et al. Characterisation of excavated fine fraction and waste composition from a Swedish landfill. Waste Management & Research 2016; 34(12): 1292-9.
53. Sarkar A, Deb S, Ghosh S, Mandal S, Quazi SA, Kushwaha A, et al. Impact of anthropogenic pollution on soil properties in and around a town in Eastern India. Geoderma Regional 2022; 28: e00462.
54. Natesan U, Vaikunth R, Kumar P, Ruthra R, Srinivasalu S. Spatial distribution of microplastic concentration around landfill sites and its potential risk on groundwater. Chemosphere 2021; 277: 130263.
55. O'connor D, Pan S, Shen Z, Song Y, Jin Y, Wu WM, et al. Microplastics undergo accelerated vertical migration in sand soil due to small size and wet-dry cycles. Environmental Pollution 2019; 249: 527-34.
56. Li J, Song Y, Cai Y. Focus topics on microplastics in soil: analytical methods, occurrence, transport, and ecological risks. Environmental Pollution 2020; 257: 113570.
57. Koutnik VS, Leonard J, Alkidim S, Deprima FJ, Ravi S, Hoek EM, et al. Distribution of microplastics in soil and freshwater environments: Global analysis and framework for transport modeling. Environmental Pollution 2021; 274: 116552.
58. Petersen F, Hubbart JA. The occurrence and transport of microplastics: The state of the science. Science of the Total Environment 2021; 758: 143936.
59. Waheed S, Siddique N, Hamid Q, Chaudhry M. Assessing soil pollution from a municipal waste dump in Islamabad, Pakistan: a study by INAA and AAS. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry 2010; 285(3): 723-32.
60. Narevski AC, Novaković MI, Petrović MZ, Mihajlović IJ, Maoduš NB, Vujić GV. Occurrence of bisphenol A and microplastics in landfill leachate: lessons from South East Europe. Environmental Science and Pollution Research 2021; 28: 42196-203.
61. Praagh MV, Hartman C, Brandmyr E. Microplastics in landfill leachates in the nordic countries. Nordisk Ministerråd 2018.
62. Park SY, Kim CG. Biodegradation of micro-polyethylene particles by bacterial colonization of a mixed microbial consortium isolated from a landfill site. Chemosphere 2019; 222: 527-33.
63. Rogers KL, Carreres-Calabuig JA, Gorokhova E, Posth NR. Micro-by-micro interactions: How microorganisms influence the fate of marine microplastics. Limnology and Oceanography Letters 2020; 5(1): 18-36.
64. Yang L, Zhang Y, Kang S, Wang Z, Wu C. Microplastics in soil: A review on methods, occurrence, sources, and potential risk. Science of the Total Environment 2021; 780: 146546.
65. Upadhyay K, Bajpai S. Microplastics in Landfills: A Comprehensive Review on Occurrence, Characteristics and Pathways to the Aquatic Environment. Nature Environment & Pollution Technology 2021; 20.
66. O'kelly BC, El-Zein A, Liu X, Patel A, Fei X, Sharma S, et al. Microplastics in soils: An environmental geotechnics perspective. Environmental Geotechnics 2021; 8(8): 586-618.

[Downloaded from jhc.mazums.ac.ir on 2024-05-06]