



Hidden Soil Contamination with Microplastics: Urgent Revision of Standards Recommended for Environmental Protection and Food Security

Akbar Eslami^{1,2*} , Mohammad Rafee¹, Mahya Mozaffar Ghadirli¹, Marjan Hashemi²

1. Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
2. Environmental and Occupational Hazards Control Research, Institute for Health Sciences and Environment, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Received: 2025/10/05

Accepted: 2026/01/21

Abstract

Microplastics, as emerging contaminants, are widely present in wastewater and pose potential risks to both environmental and human health. These particles disrupt the functioning of terrestrial and aquatic ecosystems, infiltrate the food chain, and threaten public health. The present article is based on the findings of an applied research study titled “Investigation of agricultural soil contamination around southern Tehran wastewater treatment plant to microplastics and heavy metal”, which also includes the determination of heavy metal concentrations within microplastic particles. The study aims to analyze and elucidate the necessity of revising standards for the use of urban wastewater and the quality of soil resources, in light of the increasing contamination of soil, water resources, and wastewater by microplastic particles.

Innovative strategies are proposed to address the complex environmental and health challenges posed by microplastic pollution. The results of the study indicate the presence of microplastics in surface soil (up to a depth of 15 cm) at a concentration of 439.5 ± 5.42 particles per kilogram.

Current standards predominantly focus on chemical parameters and pathogenic agents, while microplastic particles (less than 5 mm in size) are systematically excluded from these regulations. Existing agricultural soil and soil quality standards lack defined thresholds for permissible microplastic concentrations. Meanwhile, studies estimate that approximately 123,000 to 430,000 tons of microplastics are annually introduced into agricultural soils via organic fertilizers and wastewater.

Therefore, it is imperative to update existing standards to incorporate limitations and criteria for the presence and control of microplastics in wastewater, ensuring safer agricultural and other applications. The inclusion of new criteria in urban sewage and agricultural soil standards must be designed to enable effective monitoring and control at both laboratory and field levels.

Keywords: Microplastic; Heavy metals; Agricultural soil; Raman spectroscopy; National Standard 15633; Soil resource quality

Please cite this article as:

Eslami A, Rafee M, Mozaffar Ghadirli M, Hashemi M. Hidden Soil Contamination with Microplastics: Urgent Revision of Standards Recommended for Environmental Protection and Food Security. *Irtiqa Imini Pishgiri Masdumiyat* .2026;13(1):21-25. <https://doi.org/10.22037/iipm.v11i3.50641>

* Corresponding Author: aeslami@gmail.com

آلودگی پنهان خاک به میکروپلاستیک‌ها: پیشنهاد اصلاح فوری استانداردها برای حفاظت از محیط زیست و امنیت غذایی

دکتر اکبر اسلامی^{۱*}، دکتر محمد رفیعی^۱، محیا مظفر قدیرلی^۱، مرجان هاشمی^۲

۱. گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
۲. مرکز تحقیقات کنترل عوامل زیان آور محیط و کار، پژوهشکده علوم بهداشتی و محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۰۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۱۳

چکیده

میکروپلاستیک‌ها به عنوان آلاینده‌های نوظهور به طور گسترده‌ای در پساب‌ها حضور دارند که می‌توانند اثرات منفی بر سلامت محیط زیست و انسان داشته باشند. این ذرات باعث اختلال در عملکرد اکوسیستم‌های خاک و آب، نفوذ به زنجیره غذایی و تهدید سلامت عمومی می‌شوند. مقاله حاضر با استناد نتایج یک پژوهش کاربردی تحت عنوان بررسی آلودگی خاک‌های کشاورزی اطراف تصفیه خانه فاضلاب جنوب تهران به میکروپلاستیک‌ها و فلزات سنگین و نیز تعیین غلظت فلزات سنگین موجود در میکروپلاستیک‌ها و با هدف تحلیل و تبیین ضرورت اصلاح استانداردهای استفاده از پساب‌های شهری و همچنین کیفیت منابع خاک با توجه به وضعیت رو به رشد آلودگی خاک، منابع آب و فاضلاب‌ها به ذرات میکروپلاستیک تدوین شده است. در نهایت راهکارهای نوآورانه برای مدیریت چالش‌های پیچیده سلامت و محیط زیست ناشی از آلودگی‌های میکروپلاستیک ارایه شده است. نتایج حاصل از این مطالعه نشان دهنده حضور 439.5 ± 5.42 ذره میکروپلاستیک بر کیلوگرم خاک سطحی به عمق ۱۵ سانتیمتر می‌باشد.

استانداردهای کنونی عمدتاً بر پارامترهای شیمیایی و عوامل بیماری‌زا تمرکز دارند، در حالی که ذرات میکروپلاستیک (کمتر از ۵ میلیمتر) به طور سیستماتیک در این استانداردها لحاظ نشده‌اند. نقص در استانداردهای خاک کشاورزی و استانداردهای کیفیت خاک موجود، معیارهای مشخصی برای غلظت مجاز میکروپلاستیک‌ها در خاکهای کشاورزی تعیین نکرده‌اند. این در حالی است که مطالعات نشان می‌دهد سالانه حدود ۱۲۳۰۰۰ تا ۴۳۰۰۰۰ تن میکروپلاستیک از طریق کودهای آلی و پساب به خاکهای کشاورزی وارد می‌شود. بنابراین لازم است استانداردها به گونه‌ای به روز شوند که شامل محدودیت‌ها و معیارهای مربوط به حضور و کنترل میکروپلاستیک‌ها در پساب‌ها باشند تا مصارف کشاورزی و سایر کاربردها ایمن‌تر گردد. اضافه شدن معیارهای جدید به استانداردهای پساب شهری و خاک کشاورزی باید به گونه‌ای باشد که توانایی اجرایی برای کنترل و پایش را در سطح آزمایشگاهی و میدانی داشته باشد.

واژگان کلیدی: میکروپلاستیک؛ فلزات سنگین؛ خاک کشاورزی؛ رامن؛ استاندارد ملی ۱۵۶۳۳، استاندارد کیفیت منابع خاک

به این مقاله، به صورت زیر استناد کنید:

Eslami A, Rafee M, Mozaffar Ghadirli M, Hashemi M. Hidden Soil Contamination with Microplastics: Urgent Revision of Standards Recommended for Environmental Protection and Food Security. Irtiqa Imini Pishgiri Masdumiyat. 2026;13(1):21-25. <https://doi.org/10.22037/iipm.v11i3.50641>

*نویسنده مسئول مکاتبات: aeslami@gmail.com

مقدمه

خاک جزء اصلی اکوسیستم های زیستی محسوب می گردد و برای بقا حیات در کره ی زمین ضروری است. کیفیت خاک، حیات گیاهی و ظرفیت اراضی را برای پشتیبانی از حیات جانوری و جوامع انسانی از لحاظ کمی و کیفی تحت تاثیر قرار می دهد. یکی از اهداف مهم در بخش توسعه ی کشاورزی، افزایش عملکرد در واحد سطح است. یکی از انواع آلودگی های محیط زیست، آلودگی خاک است. خاک علاوه بر اینکه تامین کننده مواد غذایی است، خاصیت پالایندگی و تصفیه کنندگی طبیعت را نیز برعهده دارد. منابع مختلف ایجاد آلودگی مانند انواع آلاینده های کشاورزی، آلاینده های نفتی، فلزات سنگین و ضایعات صنعتی باعث کاهش کیفیت خاک، گسترش در سطح آب های زیرزمینی و ظهور مشکلات زیست محیطی می گردند. آلودگی خاک ها به میکروپلاستیک و فلز سنگین به موضوعات مهم علمی تبدیل شده است. میکروپلاستیک ها و فلزات سنگین، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک را تغییر می دهند و در پی این تغییر، رطوبت خاک، رشد ریشه و توسعه برگ کاهش یافته و در نهایت به نابودی گیاه منجر می شود (1).

اصطلاح میکروپلاستیک معمولا به هر قطعه پلاستیکی اشاره دارد که اندازه طویل ترین قطر آن کوچک تر از 5 میلی متر و بزرگ تر از 1 میکرومتر باشد (2). این ذرات کوچک پلاستیکی (پلاستیکل ها) را می توان بر اساس اندازه در سه دسته میکروپلاستیک، مینی میکروپلاستیک یا نانو پلاستیک طبقه بندی کرد. متأسفانه نظر به اینکه تولید پلاستیک ها در طول نیم قرن اخیر به صورت تصاعدی افزایش یافته، این قطعات کوچک پلاستیکی به طور پیوسته در محیط های خاکی افزایش یافته است (3). از مقاصد اصلی میکروپلاستیک های موجود در رودها، دریاها، لجن های فاضلاب و خروجی تصفیه خانه ها، می توان به زمین های کشاورزی اشاره کرد. منابع پلاستیک های موجود در خاک عمدتاً مالچ های پلاستیکی (جهت باروری محصولات کشاورزی)، پلاستیک های رها شده در طبیعت، کود های کشاورزی، لجن فاضلاب و آبیاری از طریق پساب تصفیه خانه ها هستند (4). میکروپلاستیک ها حاوی مواد شیمیایی مضر برای محیط زیست بوده و به راحتی می توانند با سموم مختلف محیطی پیوند برقرار کنند و به دلیل کوچک بودنشان، می توانند به راحتی وارد بدن موجودات زنده شده و راندمان رشد را کاهش دهند.

انتظار می رود که غلظت میکروپلاستیک ها در محیط های آبی و خاکی به دلیل افزایش تولید مواد پلاستیکی، سوءمدیریت پسماندهای پلاستیکی، انتشار میکروبیدها از طریق پساب صنعتی و افزایش استفاده از محصولات مراقبت شخصی و تخریب قطعات بزرگ پسماندهای پلاستیکی در سال های آتی افزایش بی رویه ای داشته باشند (5). طبق تحقیقات انجام شده تعداد میکروپلاستیک ها از صفر تا ده ها هزار در هر کیلوگرم خاک در سراسر جهان گزارش شده است. حتی در زمینهای کشاورزی که هیچگونه استفاده مستقیم از پلاستیک صورت نگرفته است، بین 20 تا 110 میکروپلاستیک در هر کیلوگرم خاک مشاهده شده است.

شهر تهران با مساحت 730 کیلومتر مربع دارای 22 منطقه بوده که در ناحیه ی دشتی جنوب تهران روستاها و شهرک های این ناحیه پاکدشت ورامین، اسلامشهر، رباط کریم، شهریار و بخشی از شهرستان های کرج و ساوجبلاغ است که به دلیل نزدیکی به شهر تهران مهاجران زیادی را در دل خود جای داده و عرصه برای گسترش فعالیت هایی چون کشاورزی افزایش یافته است. در حال حاضر جنوب پایتخت دارای اراضی کشاورزی و صیفی است با توجه به این که در این ناحیه محدوده ای وسیع به کشاورزی تعلق دارد، ضرورت دارد تا به بررسی خاک این منطقه پرداخته شود زیرا که وجود آلاینده ها مانند میکروپلاستیک ها و فلزات سنگین در خاک باعث کاهش باروری آن خواهد شد و کاهش باروری، کاربری زمین را به مرور تغییر خواهد داد (6). بر همین اساس بررسی آلودگی خاک های کشاورزی اطراف تصفیه خانه فاضلاب جنوب تهران به میکروپلاستیک ها و فلزات سنگین و نیز تعیین غلظت فلزات سنگین موجود در میکروپلاستیک ها مورد توجه قرار گرفت.

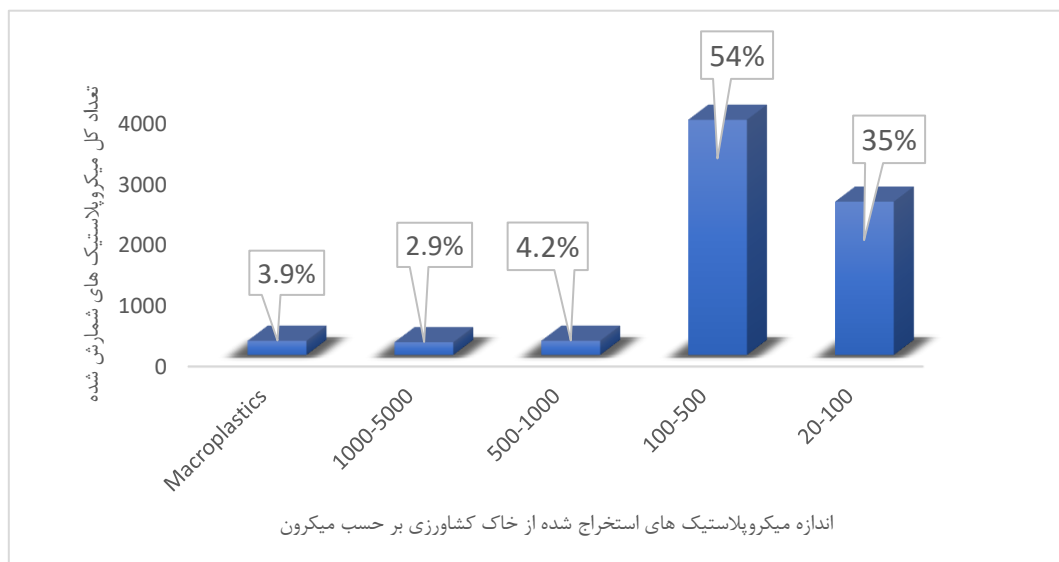
تحلیل یا بررسی مشکل

جنوب تهران اعم از فضای شهری، روستایی، کشاورزی، فضای سبز و زمین های بایر مساحتی حدود 9 هزار هکتار را در بر می گیرد. خاک های کشاورزی این منطقه عمدتاً با پساب تصفیه شده فاضلاب جنوب تهران (حدود 2 هزار هکتار) و سایر منابع آبی (آب زیرزمینی) آبیاری می شوند. در این مطالعه با توجه به محدودیت های لجستیکی و اهداف مورد مطالعه، خاک های موجود در ناحیه ای به مساحت 1681 هکتار از زمین های کشاورزی اطراف تصفیه خانه فاضلاب جنوب تهران مطابق با تصویر تحت فرایند نمونه برداری قرار گرفت. حجم نمونه با توجه به معیارهای مورد اشاره در ایزو 18400-104

یافته‌ها

یافته‌های این پژوهش، توصیفی از سیمای وضعیت موجود آلودگی خاک‌های کشاورزی منطقه اطراف تصفیه خانه به ذرات پلاستیکی و فلزات سنگین را ارائه می‌دهد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان دهنده حضور 439.5 ± 5.42 ذره میکروپلاستیک در هر کیلوگرم خاک سطحی به عمق 15 سانتی متر می‌باشد. بر اساس نتایج نشان داده شده در شکل شماره 1، ذرات با اندازه 100 تا 500 میکرون بیشترین فراوانی (54٪) را داشتند. در بین میکروپلاستیک‌ها اشکال الیافی، قطعه‌ای، گرانولی، رشته‌ای و لایه‌ای دیده شدند. شکل قطعه‌ای با 38.1٪ بیشترین داشت. میکروپلاستیک‌ها با رنگ‌های شفاف (سفید)، مشکی، آبی، سبز، قرمز، زرد و قهوه‌ای شناسایی شدند که رنگ مشکی با 43٪ و رنگ سفید با 41٪ بیشترین فراوانی را تشکیل دادند.

انتخاب شده است. با زون بندی این منطقه به 40 قسمت، نمونه برداری با توجه به شکل هندسی زمین تعیین و عمق نمونه برداری 15 سانتیمتر از سطح خاک برداشت شد. نمونه برداری به فاصله‌ی دو هفته از همان نواحی انتخاب شده تکرار گردید. در هر مرحله از جداسازی ذرات میکروپلاستیکی با استفاده از الک، نمونه‌ای که بر روی الک باقی مانده را به دقت از طریق مشاهده بررسی و ذرات مشکوک به پلاستیک را جداسازی کرده و جهت تشخیص دقیق تر و جداسازی آن‌ها از مواد آلی و الیاف سلولزی با محلول هیدروژن پراکسید 30٪ شستشو داده شدند و به مدت یک شبانه روز در آون با دما 70°C ، قرار گرفتند. مرحله‌ی بعدی ذرات پلاستیکی شمارش و بر حسب ویژگی‌هایی که دارند دسته بندی شدند. جهت تشخیص مورفولوژی میکروپلاستیک‌ها از میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM و برای تعیین نوع پلیمرهای ذرات میکروپلاستیکی به دست آمده از میکروسکوپ میکرو رامان استفاده شد.



شکل ۱. درصد فراوانی اندازه میکروپلاستیک‌های جداسازی شده از خاک‌های کشاورزی اطراف تصفیه خانه فاضلاب جنوب تهران

استایرن، فلورینیتد اتیلن پروپیلن، پلی فنیلن ترافتالات، پروپیلن کربنات شناسایی گردید که بیشترین جنس با 25٪ فراوانی به پلی استایرن تعلق گرفت. نتایج پایش آلودگی ذرات میکروپلاستیک به فلزات سنگین نشان داد که میزان کادمیوم $1.73 \mu\text{g/g}$ و میزان مس $9.92 \mu\text{g/g}$ بود.

با توجه به شکل 2، ماهیت شیمیایی میکروپلاستیک‌ها در 14 نوع پلیمر از جمله پلی استایرن، نایلون، پلی اتر سولفون، استایرن بوتادین رابر، پلی ام فنیلن ترافتالامید، پلی وینیل پیرولیدان، پلی بیسفنول آ کربنات، پروپیلن اتیلن کوپلیمر مشکی، آکریلونیتریت استایرن اکریلات رزین، پلی اتیلن وینیل استات، آکریلونیتریل بوتادین

توصیه‌ها

1- تدوین چارچوب قانونی جامع

الف - تعیین حد مجاز غلظت

به عنوان مثال و بر اساس شواهد و مطالعات صورت گرفته در جهان، استاندارد حداکثر ۵۰ ذره در لیتر برای پسابهای تصفیه شده شهری و آستانه ۰.۲ میلی گرم بر کیلوگرم خاک برای زمینهای کشاورزی

ب - اصلاح استانداردهای ملی:

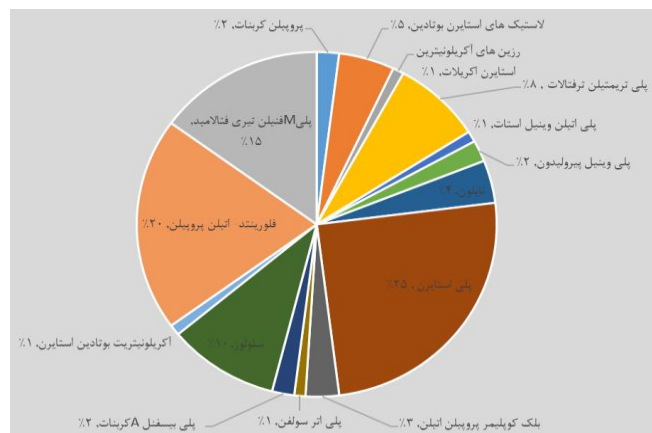
ادغام شاخص‌های میکروپلاستیک در استاندارد های ملی و سازمان حفاظت محیط زیست با اولویت اندازه ذرات (۱ تا ۵۰۰ میکرومتر)، ترکیب پلیمری (PE، PP، PET)، غلظت افزودنی‌های سمی (فتالاتها و PBA) پیشنهاد می شود. برخی از این بازنگری‌های که با اولویت اقدام قرار گیرد عبارتند از: بازنگری استانداردهای دفع پساب از سوی سازمان محیط زیست کشور و پرداختن به حدود مجاز ذرات میکروپلاستیک در پساب دفعی تصفیه خانه‌های فاضلاب؛ بازنگری استاندارد ملی 15633 با عنوان "استفاده از پساب‌های شهری برای مصارف مختلف" و تعیین حدود مجاز ذرات میکروپلاستیک در مصارف پساب؛ بازنگری استانداردهای کیفیت منابع خاک ذیربط با قانون حفاظت از خاک مصوب سال 1383 مجلس شورای اسلامی

2- توسعه زیرساخت‌های پایش پیشرفته

ایجاد شبکه ملی پایش و پایگاه‌های داده پردازی از قبیل نصب ۲۰۰ ایستگاه سنجش خودکار در مزارع نمونه با استفاده از طیف سنجی رامان پرتابل برای شناسایی ذرات تا ۱ میکرومتر و توسعه سامانه های GIS-Based برای ردیابی منابع آلودگی و پیش بینی الگوهای انتشار

3- مشوق‌های اقتصادی برای فناوری‌های پاک

اعطای وام‌های کم بهره به کشاورزانی که سیستم‌های آبیاری قطره‌ای با فیلتراسیون دو مرحله‌ای را نصب می کنند. در نظر گرفتن معافیت مالیاتی برای تولیدکنندگان کودهای آلی عاری از میکروپلاستیک و پرداخت یارانه برای صنایعی که از فیلترهای غشایی (UF/MF) در تصفیه آب و پساب استفاده می نمایند باعث افزایش انگیزه دینفعان و مشارکت کنندگان شود.



شکل ۲. درصد فراوانی نوع میکروپلاستیک های بدست آمده از

خاک های کشاورزی اطراف تصفیه خانه فاضلاب جنوب

بر اساس نتایج ارایه شده در جدول شماره 1 آلودگی فلزات سنگین (مس، سرب، کادمیوم و روی) در 40 نمونه از خاک های برداشت شده نشان داد که فلز روی در همه نمونه ها کمتر از حد تشخیص دستگاه بود و فلز سرب 16.37 mg/kg، فلز مس 19.68 mg/kg و فلز کادمیوم 0.39 mg/kg گزارش شدند (7).

جدول ۱. غلظت فلزات سنگین موجود در میکروپلاستیک‌های موجود در خاک‌های کشاورزی اطراف تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب تهران

عنصر	Pb	Cu	Cd	Zn
واحد (µg/g)	Nd	9/92	1/73	Nd

با توجه به یافته های این پژوهش و مطالعات دیگران در خصوص بررسی حضور و نیز اثرات و ریسک های بهداشتی میکروپلاستیک ها پیشنهادات سیاستی و قابل اجرا زیر برای مدیریت چالش میکروپلاستیکها در پسابهای شهری و خاکهای کشاورزی ارائه می شود. البته در تاکید می گردد اجرای این سیاستها نیازمند تخصیص بودجه کلان از وزارتخانه های ذیربط (حداقل ۰.۵ درصد) و هماهنگی نهاد اصلی از قبیل: سازمان محیط زیست، وزارت جهاد کشاورزی، سازمان ملی استاندارد، وزارت صمت، شرکت مهندسی آب و فاضلاب، مرکز آمار ایران، سازمان نقشه برداری کشور و غیره می باشد.

4- برنامه‌های آموزشی تخصصی

کشاورزی، منجر به ورود فلزات سنگین به خاک کشاورزی شده و وجود بیش از حد آن‌ها کیفیت محصولات کشاورزی، نرخ باروری محصولات و سلامت چرخه‌ی غذایی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. بنابراین بازنگری استانداردهای مرتبط با کیفیت آب و خاک و تعیین حدود مجاز برای آلاینده نوظهور ذرات میکروپلاستیک اجتناب ناپذیر و حایز اهمیت بسیار زیادی است.

تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از بخشی از طرح تحقیقاتی مصوب دانشکده بهداشت و ایمنی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی است و نویسندگان از معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی برای حمایت مالی از این مطالعه قدردانی می‌نمایند.

ملاحظات اخلاقی

تأییدیه اخلاقی این مطالعه از کمیته اخلاق دانشکده بهداشت و مرکز تحقیقات علوم اعصاب دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی با کد IR.SBMU.PHNS.REC.1400.175 اخذ شده است.

منابع مالی

این مقاله مستخرج از بخشی از طرح تحقیقاتی مصوب دانشکده بهداشت و ایمنی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی و با حمایت مالی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی (شماره گرنت 31841) انجام شده است.

5- تقویت همکاری‌های بین المللی

الحاق به کنوانسیون بازل (اصلاحیه ۲۰۲۲) برای مدیریت پسماندهای پلاستیکی و مشارکت در پروژه Horizon Europe برای توسعه بیوپلیمرهای تجزیه پذیر.

6- مکانیسم‌های نظارتی نوین

صدور گواهی سبز برای محصولات کشاورزی عاری از میکروپلاستیک و نظام امتیازدهی محیط زیستی برای تصفیه خانه های قاضلاب از اقدامات نوین و اثر می باشند.

نتیجه گیری

با استناد به مقالات و پژوهش‌های صورت گرفته و داده‌های به دست آمده از این مطالعه، از جمله شناسایی رنگ، جنس، شکل و اندازه‌ی میکروپلاستیک‌ها می‌توان منبع و منشأ احتمالی میکروپلاستیک‌ها را به ترتیب اولویت به مالچ‌ها و گونی‌های پلاستیکی در زمین‌های کشاورزی و وجود الیاف و ذرات پلاستیکی در پساب‌های خروجی تصفیه‌خانه، رهایش پسماندهای پلاستیکی در زمین‌های کشاورزی و وجود مرکز دفع پسماند آراد کوه نسبت داد. میکروپلاستیک‌های سبک‌تر، از مرکز دفع پسماند آرادکوه توسط باد به زمین‌های کشاورزی اطراف تصفیه خانه منتقل می‌شوند. هرگونه اقدامی که منجر به استفاده از پلاستیک در زمین‌های کشاورزی شود در نهایت میکروپلاستیک و نانوپلاستیک‌های موجود در خاک را افزایش می‌دهد. فعالیت‌های صنعتی و انسان ساخت نظیر معادن، ذوب فلزات، آبکاری‌ها، نیروگاه‌ها، خروجی از اگزوز وسایل نقلیه موتوری، ایستگاه‌های نگهداری و عرضه بنزین، محل‌های تولید و مصرف کودهای شیمیایی، آفت کش‌ها، استفاده از پساب و لجن فاضلاب در

References

1. Cunha, L., et al., Soil Animals and Pedogenesis: The Role of Earthworms in Anthropogenic Soils. *Soil Science*, 2016. **181**(3/4): p. 110-125.
2. Sajjad, M., Huang, Q., Khan, S., Khan, M. A., Liu, Y., Wang, J., ... & Guo, G. (2022). Microplastics in the soil environment: A critical review. *Environmental Technology & Innovation*, 27, 102408.
3. Meng, F., et al., Effect of different polymers of microplastics on soil organic carbon and nitrogen – A mesocosm experiment. *Environmental Research*, 2022. **204**: p. 111938.
4. Conley, K., et al., Wastewater treatment plants as a source of microplastics to an urban estuary: Removal efficiencies and loading per capita over one year. *Water Res X*, 2019. **3**: p. 100030.
5. Petersen, F. and J.A. Hubbart, The occurrence and transport of microplastics: The state of the science. *Science of The Total Environment*, 2021. **758**: p. 143936.
6. Kadi, M.W., “Soil Pollution Hazardous to Environment”: A case study on the chemical composition and correlation to automobile traffic of the roadside soil of Jeddah city, Saudi Arabia. *Journal of hazardous materials*, 2009. **168**(2-3): p. 1280-1283.
7. Mozaffarhadirli, M., Rafiee, M., Eslami, A., & Abbasi, S. (2024). Microplastic abundance and heavy metal contamination in agricultural soil with the wastewater treatment plants effluent; Tehran, Iran. *Environmental Earth Sciences*, 83(16), 483.