



# آلودگی های زیست محیطی و تأثیر آن بر مجتمع های زیستی (با تأکید بر آلودگی خاک)

ابراهیم براتی

دبیر دبیرستان های خمینی شهر و اصفهان

ژوئیه گاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

## چکیده

فاضلاب ها و زباله های متراکم، و روستاها با استفاده بی رویه از کودهای شیمیایی، سموم دفع آفات نباتی پایدار در محیط و علف کش ها، بر آلودگی خاک می افزایند. این روند با چنان شتابی ادامه دارد که گویی بشر به فکر آینده ی کره ی زمین و حیات روی آن نیست. کشورهای در حال توسعه، هر چند مانند کشورهای صنعتی سهم زیادی در این امر نداشته اند، ولی از این قاعده مستثنا نبوده اند. در کشور ایران، آستانه ی آلودگی خاک به حدی فزونی یافته است که بحران های زیست محیطی در آینده ای نه چندان دور، زندگی سالم در شهرها و نواحی اطراف آن را غیر ممکن می سازد. در این مقاله، برای مطالعه روی پدیده ی آلودگی خاک و پیدا کردن راه حل هایی به منظور کاهش این مشکل از روش های کتابخانه ای و آماری استفاده شده است.

کلیدواژه ها: خاک، آلودگی خاک، سموم دفع آفات نباتی، فاضلاب، زباله

با توجه به این که مدت زمان زیادی طول می کشد تا یک سانتی متر خاک تشکیل شود، اهمیت این قشر نازک برای حیات مشخص می شود. انسان با قدرت تفکر و تعقل، پس از گذراندن تنگناهای متفاوت و غلبه بر طبیعت، به دخالت در اکوسیستم پرداخت. چهره ی این دخالت به خصوص پس از انقلاب کشاورزی و صنعتی آشکار شد. یکی از آثار این استیلای نابخردانه، ایجاد آلودگی های زیست محیطی و صورتی از آن، آلودگی خاک است. اگر آلودگی خاک را وجود یک یا چند ماده یا عنصر شیمیایی، معدنی و آلی مضر با انباشتگی و تراکم مشخص در یک محیط خاکی بدانیم، تأثیرات سیستمی آن در جریان اکوسیستم آشکار می شود.

زندگی انسان عصر صنعتی قرن ۲۱ در غالب دو شیوه ی سکونت اصلی شهری و روستایی ظهور پیدا کرده است که هر کدام عوارض و تأثیرات خاص خود را بر طبیعت به جای می گذارد. شهرها به عنوان نقطه ی اوج تکامل و تحول فناورانه با انواع آلودگی های صنعتی،

۳. نقش فعالیت‌های صنعتی در آلودگی خاک؛
۴. بررسی تأثیر فعالیت‌های خدماتی در آلودگی خاک؛
۵. ارائه پیشنهادهایی برای کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی با تأکید بر خاک.

### مواد و روش‌ها

با توجه به موضوع مقاله و تعریف آلودگی خاک، روش پژوهش در این مقاله کتابخانه‌ای، کمی و تحلیلی است. در این پژوهش، ابتدا راه‌های آلوده شدن خاک توسط سموم دفع آفات نباتی و کودهای شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی مورد مطالعه قرار گرفته و سپس، نقش مراکز صنعتی و خدماتی از طریق وسایل نقلیه، فاضلاب‌ها، مواد صنعتی و فاضلاب‌های شهری بررسی شده است. مراحل کار به شرح زیر بوده‌اند:

۱. جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز از منابع معتبر؛
۲. بررسی و مطالعه‌ی عوامل متفاوت تأثیرگذار بر آلودگی خاک (کشاورزی، صنعت و خدمات)؛
۳. تهیه‌ی اطلاعات با تأکید بر ایران؛
۴. تحلیل یافته‌ها و نتیجه‌گیری.

### آلودگی خاک در بخش کشاورزی

بشر برای بالا بردن بازده‌ی تولید خود در کشاورزی متناسب با افزایش جمعیت، به شیوه‌های متفاوتی متوسل می‌شود و در این مسیر، خسارت جبران‌ناپذیری به خاک وارد می‌کند که به بررسی آن‌ها می‌پردازیم.

#### ۱. آلودگی خاک از طریق استعمال کود شیمیایی

تنظیم مقدار کود شیمیایی لازم برای زمین، بدان حد که تنها نیاز گیاه را برآورد و هیچ پس‌مانده‌ای برای شسته شدن باقی نگذارد، در تئوری امکان‌پذیر، ولی در عمل غیرممکن است. در عمل، همیشه مقداری از این مواد از طریق شست‌وشو از زمین خارج می‌شوند که این امر نه مطلوب زارعین است و نه منظور آن‌ها. در مناطق پر باران، آب اضافی از طریق روان‌آب‌های سطحی و یا چشمه از زمین خارج می‌شود که علاوه بر آلودگی خاک، آب‌ها را نیز آلوده می‌کند (نورمن، ۱۳۷۵: ۴۱۱). کود شیمیایی از راه‌های گوناگون باعث آلودگی خاک می‌شود؛ از جمله: تغییر واکنش محیط (pH) خاک، افزایش درجه‌ی شوری خاک و کاهش فعالیت موجودات زنده در خاک. به هر صورت، استفاده‌ی بی‌رویه از کود شیمیایی به ویژه در نقاطی که بارندگی زیاد است، با آبیاری بیشتر از حد صورت می‌گیرد، باعث آلودگی آب‌ها نیز می‌شود.

آلودگی خاک از طریق کود شیمیایی در ایران، بیشتر مربوط به مصرف بی‌رویه و نابه‌جای آن است. برای مثال، کودی که در منطقه‌ی

تغییرات پوسته‌ی زمین، تنها به فوران‌های آتش‌فشان‌ی و جاری شدن مواد گداخته روی پوسته‌ی زمین، به زیر آب رفتن یک جزیره و یا وقوع یک زمین‌لرزه منحصر نمی‌شوند. سطح کره‌ی مسکونی ما همواره دستخوش دگرگونی بوده است [بیسر، ۱۳۷۲: ۸۷] که تغییرات خاک بر اثر عوامل انسانی و طبیعی، یکی از آن‌هاست. خاک سطحی‌ترین قسمت پوسته‌ی جامد زمین و رابط بین اتمسفر و لیتوسفر محسوب می‌شود که به صورت پوششی سست و کم‌ضخامت، سنگ‌هایی را که هنوز تخریب نشده‌اند، پوشانده است.

طبق تعریف ژنتیکی، خاک‌ها بر اثر تخریب فیزیکی و شیمیایی سنگ‌ها و موجودات زنده که سبب تشکیل هوموس می‌شود، به وجود می‌آیند. بنابراین، خاک در درجه‌ی اول ترکیبی از مواد معدنی و آلی است. علاوه بر این، موجودات زنده‌ی هوا و آب نیز جزو مواد تشکیل‌دهنده‌ی خاک هستند. خاک را می‌توان مهم‌ترین بخش حیات در کره‌ی زمین دانست، زیرا محل رویش گیاهان و مکان زندگی حیوانات است و بشر رابطه‌ی مستقیمی با آن دارد. خاک یکی از اساسی‌ترین منابع ماست که بیشترین سوءاستفاده از آن شده است. تقریباً بسیاری از احتیاجات ما مستقیم و غیرمستقیم از این قشر نازک حیاتی تأمین می‌شود [میلر، ۱۳۷۹: ۸۰].

جغرافی‌دانان در مورد تغییرات خاک از یک مکان به مکان دیگر بسیار حساس‌اند، زیرا این خاک است که تعیین‌کننده‌ی تولید محصولات غذایی است. برای مثال، تمدن‌های قدیمی و بزرگ همگی در کنار رودخانه‌های بزرگی شکل گرفته‌اند که زمین‌های اطراف آن‌ها قادر به تأمین مواد غذایی مورد نیاز این مردمان بوده است. تمدن‌های منطقه بین‌النهرین، ایران، مصر و... از این دسته‌اند. در حال حاضر نیز، مناطقی که دارای خاک‌های حاصل‌خیز هستند، کانون‌های بزرگ شهری و روستایی را شکل داده‌اند که هر گونه تغییر غیراصولی در این زمینه، اثرات مستقیمی بر چگونگی پراکنش جمعیت خواهد گذاشت. در عصر حاضر، در حالی که پیشرفت علم و فناوری بسیاری از مشکلات را حل می‌کند، اما به دلیل رعایت نکردن شرایط زیست‌محیطی، خود مشکلات پیچیده‌تری به همراه می‌آورد که برای حل آن‌ها نیاز به صرف هزینه‌های هنگفتی است. اما به وجود آمدن این چالش‌ها و بحران‌ها، خود فرصتی برای تغییر طرز فکر و برخورد با محیط است؛ طرز فکری که بر مبنای استفاده از طبیعت همراه با حفظ آن، یا همان «توسعه‌ی پایدار» است.

### هدف‌های پژوهش

۱. شناخت عوامل مؤثر بر آلودگی خاک؛
۲. نقش فعالیت‌های کشاورزی در آلودگی و کاهش حاصل‌خیزی خاک؛

شمال کشور، یعنی منطقه‌ی مرطوب با خاک اسیدی مصرف می‌شود، در منطقه‌ی جنوب و جنوب شرقی که خشک و خاک‌های آن اغلب شور و قلیایی هستند نیز استفاده می‌شود. مصرف زیاد کود شیمیایی در بعضی از نقاط، هم در منطقه‌ی مرطوب و هم در منطقه‌ی خشک، به خاک و موجودات زنده‌ی آن لطمه وارد آورده است [کردوانی، ۱۳۵۶: ۱۴۰-۱۳۵]. استفاده از کودهای شیمیایی، از جمله کودهای فسفره در ایران طی چند دهه‌ی گذشته به طور چشم‌گیری افزایش یافته است. مصرف سالانه‌ی کود فسفره در سال ۱۳۲۴ در ایران حدود ۱۰۰ تن سوپر فسفات تریپل بود، در حالی که این مصرف در سال ۱۳۷۸ به ۲۷۱ هزار تن دی‌آمونیم فسفات و ۳۳۴ هزار تن سوپر فسفات تریپل رسید.

شوری و قلیایی شدن خاک می‌شود. شور شدن طبیعی خاک از یک طرف و پیدایش شوری‌های ثانویه (از طریق کود شیمیایی) از طرف دیگر، نتیجه‌ی مدیریت ناصحیح منابع آب و خاک است که موجب ایجاد مشکلاتی شده است [حاجی‌زاده، ۱۳۶۸: ۹۳]. ذکر این نکته لازم است که «تمرکز املاح»، وقتی آلودگی محسوب می‌شود که حالت حاد داشته باشد. بنابراین آلودگی شوری وقتی بر خاکی عارض می‌شود که تحت تأثیر نمک‌های محلول مضر قرار گیرد. پس تراکم هر نمکی نمی‌تواند آلودگی باشد [سینگر، ۱۳۷۰: ۲۲]. زیاد بودن نمک، مشکلی از عدم توازن شیمیایی در خاک به‌شمار می‌رود که کود شیمیایی از آن جمله است [رامشت، ۱۳۶۹: ۱۳۶].

جدول ۱. مصرف کودهای شیمیایی در ایران (برحسب هزار تن)

نوع کود	۱۳۷۸	۱۳۷۷	۱۳۷۶	۱۳۷۵	۱۳۷۴	۱۳۷۳
اوره	۱۲۳۴	۱۰۴۸	۱۳۷۱	۱۱۳۳	۹۳۲	۸۸۸
نترات آمونیم	۱۵۸	۱۶۱	۲۰۸	۲۲۹	۱۴۰	۱۵۴
سولفات آمونیم	۲۸	۲۵	۳۴	۹	۶	۱۰
دی‌آمونیم فسفات	۲۷۱	۳۷۲	۳۸۲	۴۶۸	۸۱۷	۷۸۱
سوپر فسفات تریپل	۳۳۴	۱۹۸	۳۵۳	۳۶۵	۲۷	-
سولفات پتاسیم	۱۲۸	۷۷	۷۷	۴۲	۱۱	۱۳
کلرید پتاسیم	۱۲۸	۵۲	-	-	-	-
کود مخلوط	۸۵	-	-	-	-	-
جمع	۲۳۶۶	۱۹۳۳	۲۴۲۵	۲۲۲۶	۱۹۳۳	۱۹۴۶

مأخذ: رحمانی، ۱۳۸۴.

در حال حاضر، وسعت اراضی شور و غیر قابل استفاده در سطح کره‌ی خاک به ۴۰ میلیون هکتار می‌رسد ۴/۵ میلیارد هکتار زمین، یعنی ۳۴ درصد از کل مساحت زمین هم در مراحل متفاوت بیابان‌زایی قرار دارد. در این مناطق، ۸۵۰ میلیون نفر زندگی می‌کنند که زیربنای زندگی همه‌ی آن‌ها در خطر است. خاک‌های شور به‌طور طبیعی در مناطق خشک و نیمه‌خشکی وجود دارند که بارندگی سالانه‌ی آن‌ها کم، زهکشی آن‌ها بد، و تبخیر از سطح خاک در آن‌ها شدید است. در چنین شرایطی، نمک‌های محلول می‌توانند در افق سطحی تجمع یابند و مشکل شوری در اثر فعالیت‌های انسان تشدید شود. برای مثال، آبیاری با آب شور

حاوی سدیم زیاد، باعث شور شدن خاک می‌شود. هرچند کاربرد زیاد کود آلی خطر شوری را به وجود می‌آورد، ولی توجه زیادی به آن نشده است. لجن فاضلاب نیز حاوی مقدار زیادی نمک است که باعث افزایش شوری خاک می‌شود [یگانه، ۱۳۸۳: ۱۳].

هنگامی که کودهای فسفات محلول از قبیل فسفات آمونیم و سوپر فسفات تریپل به خاک اضافه می‌شوند، غلظت فسفر افزایش می‌یابد، اما پس از مدت کوتاهی، در نتیجه‌ی واکنش با خاک، میزان فسفر محلول در خاک رو به کاهش می‌گذارد و قسمت عمده‌ی فسفر در فاز جامد نگه‌داری می‌شود. از این فرایند در اصطلاح با عنوان «ثبیت فسفر» نام برده می‌شود. افزایش بیش از حد در میزان فسفر خاک‌های سطحی می‌تواند آثار زیان‌باری به دنبال داشته باشد. مثلاً در گیاهان مسمومیت فسفوری ایجاد می‌کند. ازدیاد بیش از حد میزان فسفر در خاک، علاوه بر اثر منفی بر گیاهان زراعی، می‌تواند باعث آلودگی‌های زیست‌محیطی نیز بشود. کودهای شیمیایی غالباً حاوی ناخالصی فلزات سنگین هستند. این فلزات، آلاینده‌ی خاک محسوب می‌شوند و ممکن است توسط گیاهان جذب و از این طریق وارد زنجیره‌ی غذایی حیوانات و انسان شوند و مشکلات فراوانی به وجود آورند [Tisdale, 1985: 13]. استفاده‌ی بیش از حد از کودهای شیمیایی در شور شدن خاک نیز تأثیر دارد. ایران کشوری خشک و کم‌آب است و به استثنای گیلان و مازندران، در بقیه‌ی نقاط با کمبود بارندگی مواجه است. بالا بودن تبخیر بالقوه‌ی خاک نسبت به میزان بارندگی سالانه، موجب پیدایش

۲. آلودگی خاک از طریق سموم دفع آفات نباتی و علف‌کش‌ها  
سموم یکی دیگر از مواد آلوده‌کننده‌ی خاک محسوب می‌شوند که بعضی از آن‌ها پایداری بالایی در طبیعت دارند. بسیاری از این سموم، پس از این که روی گیاه پاشیده شدند، وارد خاک می‌شوند و حالت سمی خود را بلافاصله از دست نمی‌دهند، بلکه تا مدت‌ها اثر سموم‌کننده دارند. از این رو، اغلب بازمانده‌های آن‌ها در خاک موجب آلودگی خاک می‌شوند. برای مثال «د. د. ت» تا ۱۲ سال بعد از به کارگیری، ۳۹ درصد از آن در خاک باقی می‌ماند. یا «هپتاکلر» تا ۱۴ سال بعد از کاربری، ۱۶ درصد از آن در خاک باقی می‌ماند. سموم در خاک اثرات نامطلوب زیادی دارند. ضمن اثر روی مارکرو ارگانیسم‌ها که در تهویه‌ی خاک مؤثرند، موجب کندی رشد یا نابودی میکروارگانیسم خاک می‌شوند. بنابراین روی قدرت

روی کارخانه‌ی «گچ طبس» مشاهده شد که ذرات گچ معلق در هوا روی زمین‌های اطراف می‌نشیند و لایه‌ی سفت و غیرقابل نفوذی به وجود می‌آورد و مانع از نفوذ و رویش هر نوع گیاه می‌شود.

خاک‌های سطحی در تماس مستقیم با محیط هستند. بنابراین لازم است، بین خاک‌هایی که سرب خود را فقط از منابع طبیعی به دست و خاک‌هایی که به وسیله‌ی انسان آلوده شده‌اند، تمییز داده شود. در بررسی‌های انجام‌شده روی خاک‌های سطحی دنیا، متوسط غلظت سرب در خاک‌ها ۲۵ در میلیون عنوان گردیده است [Pendias, 1992: 187-198]. در نمونه برداری از خاک‌های اطراف میشیگان آمریکا، متوسط سرب در خاک‌های کشاورزی ۱۱ میکروگرم بر گرم و در ایرلند، حداکثر مقدار ۵۴۰ میکروگرم سرب در خاک اندازه‌گیری شده است. تجمع سرب در غبار و خاک اطراف خیابان‌ها و ساختمان‌ها مستقیماً به مقدار ترافیک جاده و خیابان‌های نزدیک مربوط می‌شود. منابع دیگر سرب عبارت‌اند از: تابلوها و رنگ‌های نقاشی ساختمان، مواد ساییده‌شده‌ی لاستیک اتومبیل‌ها، زغال سنگ، پلاستیک‌ها و کارخانه‌های لاستیک‌سازی، حشره‌کش‌ها، آبکاری‌های فلزی، باتری‌های ماشین و کارگاه‌های رنگ‌سازی [Alloway, 1990: 177-196].

همان‌طور که در جدول ۳ دیده می‌شود، بررسی وضعیت خاک با

توجه به غلظت زمینه‌ی سرب در خاک‌های هر منطقه نیز می‌تواند صورت گیرد. بررسی دامنه‌ی غلظت سرب اندازه‌گیری شده و غلظت زمینه آن، آلودگی خاک در تمامی مناطق توسط سرب حاصل از وسایل نقلیه را نشان می‌دهد. هم‌چنین، با مقایسه‌ی غلظت سرب در خاک‌های سطحی هر منطقه تا فاصله‌ی ۱۰۰ متری، معلوم شده است که میزان آلودگی با فاصله گرفتن از جاده کاهش می‌یابد. با توجه به جدول می‌توان گفت، رابطه‌ی مستقیمی بین حجم ترافیک جاده‌ها و غلظت سرب خاک‌های سطحی وجود دارد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که: اولاً آلودگی خاک اطراف جاده‌ها، ناشی از ذرات خارج‌شده از آگزوز وسایل نقلیه است، و ثانیاً حجم ترافیک جاده در

میزان آلودگی خاک نقش اساسی دارد.

جدول ۳. میزان غلظت سرب در برخی مناطق کشور

مناطق شهری	دامنه‌ی غلظت زمینه‌ی سرب در خاک (میکروگرم بر گرم)
انزلی	۱۷٫۵-۳۰
رامسر	۱۰-۲۰
کرج	۲۵-۴۰
دلیجان (شرق)	۲۰-۳۵
دلیجان (غرب)	۲۲٫۵-۴۰

مأخذ: رحمانی، ۱۳۸۴.

حاصل‌خیزی خاک اثر می‌گذارند. پایداری سم در خاک علاوه بر تأثیر بر ساختمان شیمیایی آن، بر خواص متفاوت خاک نیز اثر می‌گذارد. سموم در خاک به آب منتقل می‌شوند، بنابراین آلودگی خاک منبع ورود سم به آب و در نتیجه به آب‌زیان، گیاهان و بالاخره انسان است. سموم پر دوام در خاک، یا مستقیماً جذب گیاه می‌شوند یا در اثر فعل و انفعالاتی به مرور زمان به مواد سمی دیگری تبدیل می‌گردند و جذب ریشه‌ی گیاهان می‌شوند. انسان هم که از گیاه و گوشت تغذیه می‌کند، بیشتر در معرض مسمومیت مزمن از این گونه سموم قرار دارد.

از عوارض مسمومیت مزمن در انسان، بروز بیماری خطرناک سرطان است. امروزه به جای این مواد سمی، مواد کم‌خطرتر جانشین شده‌اند. پیشرفت دیگری که حاصل شده، پیدایش علف‌کش‌های هورمونی است که ظرف چند هفته تجزیه می‌شوند و در نتیجه نمی‌توانند منشأ آلودگی جدی و مهمی باشند. ترکیبات آلی نیز از عمده‌ترین آلاینده‌های خاک محسوب می‌شوند. گروهی از مواد آلاینده‌ی آلی حلالیت بسیار کمی در آب دارند. اکثر آفت‌کش‌ها و هیدروکربن‌های آروماتیک چند هسته‌ای در این گروه قرار دارند و در شبکه‌ی خاک پایداری زیادی از خود نشان می‌دهند. بعضی از ترکیبات آلی مانند هیدروکربن‌های آلیفاتیک نیز با داشتن فشار بالا به سهولت تبخیر و به اتمسفر منتقل می‌شوند.

جدول ۲. تقسیم‌بندی ترکیبات آلی آلاینده‌ی خاک

گروه آلاینده‌ها	مکان‌های آلوده‌شونده	تحرک آلاینده	اثرات احتمالی
ترکیبات مورد استفاده در کشاورزی	مزارع، کارخانجات و فرودگاه‌ها	کم	ایجاد سرطان و بیماری اعصاب
بنزین و گازوئیل	مراکز و ایستگاه‌های تولید و توزیع	کم تا زیاد	سرطان‌زا
رنگ‌ها	اماکن دفع زباله‌های شهری	متوسط تا زیاد	سرطان‌زا
حلال‌ها	کارخانجات تولیدی	متوسط تا زیاد	سرطان‌زا
هیدروکربن‌های آروماتیک	کارخانجات تولید گاز و قطرات زغال سنگ	کم تا متوسط	سرطان‌زا

مأخذ: کریمی، ۱۳۸۳.

## آلودگی خاک در بخش صنعت

۱. آلودگی خاک از طریق دود کارخانه‌ها و سوخت موتور خودروها مواد آلوده‌ی کارخانه‌ها و خودروها که به صورت گاز در می‌آیند؛ توسط باران و برف بر اثر قوه‌ی ثقل سقوط می‌کنند. در این صورت، یا روی گیاهان می‌نشینند و یا وارد خاک می‌شوند. از جمله ترکیباتی که از این طریق وارد خاک می‌شوند، می‌توان ترکیبات گوگردی، مواد رادیواکتیو، اسید سولفوریک و... نام برد. باریدن باران‌های اسیدی یکی از نمونه‌های بارز این آلودگی است. براساس مطالعات انجام‌شده



## ۲. آلودگی خاک از طریق فاضلاب‌ها و مواد زائد صنعتی

فاضلاب‌های صنعتی، به خصوص کارخانه‌هایی که با ترکیبات مسی و سربی سروکار دارند، آثار آلاینده‌گی بیشتری بر جای می‌گذارند. فاضلاب‌هایی که محتوی اسید سیانیدریک هستند، تأثیر مخربی بر حاصل خیزی خاک برای مدت زمان طولانی دارند. برای مثال، تنها شهر صنعتی البرز روزانه ۱۳ هزار مترمکعب از فاضلاب‌های صنعتی خود را بدون آن که هیچ‌گونه عمل تصفیه‌ای روی آن‌ها انجام شود، به زمین‌های مجاور تزریق می‌کند. فاضلاب شهر صنعتی کاوه نیز در زمین‌های اطراف تخلیه می‌شود. هم‌چنین، سالانه ۲۶۷۶ میلیون مترمکعب فاضلاب توسط ۴۰۰ کشتارگاه در محیط تخلیه می‌شود [سلطانی، ۱۳۸۱: ۲۲].

البته عده‌ای می‌گویند، پسماند صنعتی آن‌طور که شایع است وحشت‌آور نیست. زیرا طبیعت زنده به ابزارهای تدافعی مجهز است. برای مثال، از قدرت خودپالایی طبیعت نام می‌برند. ولی اگر فاضلاب‌های صنعتی به رودخانه‌ای سرازیر شوند، هیچ باکتری قادر به مقاومت در برابر این همه سموم صنعتی نیست. بنابراین قدرت پالایش طبیعت محدود می‌شود.

هر روزه در استان اصفهان مقادیر زیادی پسماند حاصل از زندگی شهری و فعالیت‌های صنعتی تولید می‌شود. مطالعات انجام گرفته در مورد ۷۰ واحد از کارخانه‌های صنعتی اصفهان نشان می‌دهد که سالانه ۸/۸ میلیون تن مواد زائد در این واحدها تولید می‌شود که ۵۳/۳ درصد آن را ترکیبات مایع، ۳۷/۴ درصد آن را ترکیبات جامد و ۹/۳ درصد را لجن تشکیل می‌دهد. به علاوه، ۸۴ درصد از حجم پسماندهای واحدهای تولیدی را ترکیبات سمی و ۲/۸۶ درصد را ترکیبات باویژگی سمی خوردگی تشکیل می‌دهند. نیمی از حجم پسماندهای مزبور به فاضلاب‌های صنعتی مربوط می‌شود. بدین ترتیب، حجم پسماندهای جامد حاصل از فعالیت‌های صنعتی بالغ بر ۴/۴ میلیون تن می‌شود که بیش از ۳ میلیون تن، یعنی ۶۹/۴۵ درصد آن مواد سمی تشخیص داده شده است. منشأ آلودگی فیزیکی خاک نیز که بیشتر به دست انسان انجام می‌گیرد، انواع کارخانه‌های صنعتی، سنگ‌بری‌ها و یا تفاله‌های ساختمانی هستند. هرچند این آلودگی‌ها را در سطح محدودی می‌دانند، ولی موجب تخریب و از میان رفتن بستر خاک می‌شوند و آن را از مسیر بهره‌دهی طبیعی خود خارج می‌سازند.

## آلودگی خاک در بخش خدمات (زباله‌ها و فاضلاب‌های شهری)

خاک آلوده می‌تواند موجب انتقال عوامل بیماری‌زای بسیاری به انسان شود [Ronaldo, 1987: 22]. موادی که زباله‌های شهری را تشکیل می‌دهند، گرچه در نقاط و کشورهای مختلف متفاوت هستند، اما اثر زیان‌بخش آن‌ها غیر قابل انکار است. زباله‌های شهری از مواد متفاوتی تشکیل می‌شوند که در جدول ۵ چگونگی آن

## جدول ۴. ترکیبات زباله‌ی شهری

درصد وزنی	اجزا
۷	مقوا
۱۴	روزنامه
۲۵	کاغذ باطله
۲	پلاستیک
۲	چرم و لاستیک
۱۲	پسماند کاغذی
۷	چوب
۱۰	زائدات باغی
۳	پارچه و منسوجات
۱۰	شیشه و چینی
۸	فلزات

مأخذ: فصل‌نامه‌ی محیط‌زیست،

۱۳۷۳.

آورده شده است:

چنان‌که در جدول مذکور دیده می‌شود، درصد قابل توجهی از زباله‌های شهری را موادی تشکیل می‌دهند که قابل برگشت به طبیعت هستند و مقداری از آن‌ها نیز مانند فلزات و پلاستیک قابل بازساخت مجددند. بنابراین، برنامه‌ریزی و توجه به فاضلاب و زباله‌های شهری امری ضروری است. برای مثال، در تهران از سال ۱۳۴۰ به بعد، علاوه بر تغذیه‌ی طبیعی، سفره‌ی آب‌های انتقالی از حوضه‌های اطراف شهر به صورت فاضلاب وارد سفره‌ی آب زیرزمینی شهر شده است، اما آب کمتر از ورود آن است. این تفاوت مقدار آب ورودی و خروجی، در داخل سفره ذخیره می‌شود. در نتیجه، قسمت بیشتری از خاک توسط آب اشباع می‌گردد که باعث بالا آمدن آب در جنوب تهران می‌شود. این امر علاوه بر آلوده کردن آب‌ها خاک جنوب شهر را نیز آلوده و محیط را برای زیستن غیربهداشتی می‌کند [مولایی، ۱۳۷۵: ۷۳-۷۲].

در ایران مهم‌ترین روش دفع زباله، انباشت آن است. در این

## فرسایش به عنوان یک منبع آلودگی برای خاک

هنگام بحث درباره‌ی فرسایش باید به این نکته توجه داشت که این پدیده دو جنبه دارد: یکی کاهش قدرت تولیدی زمین و دیگری مزاحمت مواد فرسایش یافته. بنابراین توجه ما در این جا بیشتر بر قسم دوم است. به دلیل بالا گرفتن نگرانی عمومی و توجه همگانی به مسئله‌ی آلودگی محیط در سال‌های اخیر، باید رابطه‌ی بین فرسایش خاک و آلودگی را نیز بررسی کرد. مثل آلودگی به وسیله‌ی رسوبات. رسوبات می‌توانند در بعضی شرایط و احوال، حاصل خیزی زمین را کاهش دهند.

### نتیجه‌گیری و ارائه‌ی راهکار

دیدیم که آلودگی‌های محیط، از آن جمله آلودگی خاک، بیشتر به خاطر افزایش تولیدات کشاورزی و صنعتی و به طور کل رفع نیازمندی‌ها صورت می‌گیرد. تخریب طبیعت و ظهور شکل‌های متفاوت آلودگی محیط زیست،

نه تنها محصول فناوری ناسازگار با محیط و به کارگیری غیر عقلایی آن، بلکه بیشتر از هر چیز حاصل تفکر غیر منطقی درباره‌ی امکانات و محدودیت‌های محیط زیست است. می‌توان گفت، مبارزه با آلودگی خاک کشاورزی در کشورهای در حال توسعه آسان‌تر از کشورهای صنعتی و پیشرفته است؛ زیرا کشاورزی در کشورهای در حال توسعه هنوز در مرحله‌ی ابتدایی از صنعتی شدن است و کود شیمیایی و سموم دفع آفات نباتی و مانند این‌ها به آن میزان که در کشورهای توسعه یافته مصرف می‌شود، در این کشورها رواج چندانی نیافته است. به این دلیل، مسئله‌ی آلودگی آن‌طور که در کشورهای پیشرفته بگرنج شده، در کشورهای در حال توسعه چندان خطرناک نشده است.

استفاده‌ی صحیح از مواد زائد شهری و کودهای آلی، علاوه بر بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، بر خصوصیات بیولوژیکی خاک نیز اثرات بسیار مفیدی خواهد داشت [بحیسی آبادی، ۱۳۸۴: ۳].

می‌توان برای تقویت خاک به جای استفاده از کود شیمیایی از کود حیوانی استفاده کرد. در شرایطی که کود حیوانی در دسترس نیست، می‌توان از کاه به عنوان ماده‌ی آلی بهره برد. برای تقویت خاک نیز می‌توان از گیاهان ابادکننده (کود سبز) استفاده کرد و موجبات تقویت خاک را فراهم آورد. تا حد امکان در مناطق گوناگون گیاهانی کاشته شود که مقاوم باشند و کمتر دچار آفات گیاهی شوند تا از این طریق، استفاده از سموم کاهش یابد. در صورت ضرورت، از سمومی استفاده شود که پایداری کمتری در خاک و گیاه دارند.

مبارزه‌ی بیولوژیک را می‌توان یکی از روش‌های بسیار مؤثر در این زمینه به حساب آورد. استفاده از حشرات به صورت ارگانیزم



روش، همواره قسمتی از طبیعت آزاد را به عنوان محل دفن در نظر می‌گیرند و چون ظاهراً دفع زباله موضوع مهمی به نظر نمی‌رسد، برای دفن آن هیچ گونه مطالعه‌ای انجام نمی‌گیرد و فقط به عامل مسافت و حمل و نقل می‌اندیشند. حال آن‌که توجه صرف به جنبه‌های اقتصادی نمی‌تواند پاسخ‌گوی نیازهای بهداشتی جامعه و عوارض زیست محیطی ناشی از آن باشد [بهرام سلطانی، ۱۳۸۱: ۲۱۴].

جمع‌آوری زباله و دفن آن، خود بر مشکلات آلودگی محیط می‌افزاید. به هر صورت، مسئله‌ی اصلی این نیست که زباله را از بین ببریم، بلکه این امر مورد توجه است که چه بسا از بین بردن مواد آلوده و زائدات شهری خود به وسیله‌ی مواد شیمیایی دیگر انجام گیرد و باعث نوع دیگری از آلودگی شود [شبیخه، ۱۳۷۶: ۲۷]. البته در یک اکوسیستم دست نخورده، زباله‌ها به وسیله‌ی باکتری‌ها تجزیه می‌شوند و مجدداً توسط گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرند. یک محیط پرجمعیت انسانی به قدری زباله تولید می‌کند که محیط خارج قادر به تجزیه‌ی طبیعی آن نیست و بحران از همین جا شروع می‌شود. روال جدیدی که امروزه برای دفع فاضلاب دنبال می‌شود، کاربرد آن‌ها در اراضی کشاورزی است که نگرانی‌های متعددی ایجاد کرده است. زیرا ضایعاتی مانند لجن فاضلاب، برای کشاورزی طراحی نشده‌اند و در سطوح متفاوت از تصفیه، دارای ترکیبات متفاوت و بعضاً مضر هستند. از جمله مشکلاتی که کاربرد لجن فاضلاب در اراضی زراعی پدید می‌آورد، تأثیر بر آب‌های زیرزمینی یا افزایش غلظت عناصر غذایی وارد شده به آب‌های زیرزمینی است. لجن فاضلاب، غنی از نیتروژن و فسفر است، در صورتی که این عناصر توسط پوشش گیاهی منطقه مصرف نشوند، وارد آب می‌شوند و آلودگی آب را نیز به همراه خواهند آورد [کرمی، ۱۳۸۳: ۱۶].

۲. بیسر، آرتور، زمین. ترجمه‌ی عباس جعفری. انتشارات گیتهاسناسی. ۱۳۷۲.
۳. بهرام سلطانی، کامییز. مجموعه‌ی مباحث و روش‌های شهرسازی: محیط‌زیست انتشارات مرکز مطالعات شهرسازی و معماری ایران. ۱۳۷۱.
۴. حاجی‌زاده، اکبر. برخی مسائل خاک‌شناسی. انتشارات آشنا. ۱۳۶۸.
۵. رامشت. محمدحسین. جغرافیای خاک‌ها. انتشارات دانشگاه اصفهان. ۱۳۶۹.
۶. سینگر، مایکل، ج و رونالد مانس: خاک‌شناخت. ترجمه‌ی عبدالعزیز حوینا. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۱۳۷۰.
۷. سپاسگزاریان. حسین. علف‌هرزکشی‌های شیمیایی و امکان استفاده از آن‌ها در ایران. انتشارات دانشگاه تهران. ۱۳۵۷.
۸. شیعه، اسماعیل. مقدمه‌ای بر مبانی برنامه‌ریزی شهری. انتشارات علم و صنعت. ۱۳۸۱.
۹. فومتر؛ آدریان، آلبرت. فوکس، ب و سی. درس‌هایی از حفاظت آب و خاک به زبان ساده. ترجمه‌ی محمدحسین شیرازی. انتشارات مدرسه. ۱۳۶۹.
۱۰. فصل‌نامه‌ی محیط‌زیست. جلد ششم. شماره‌ی ۲: ۱۳۷۳.
۱۱. کردوانی، پرویز. حفاظت منابع طبیعی (خاک). انتشارات دانشگاه تهران. ۱۳۵۶.
۱۲. کردوانی، پرویز. جغرافیای خاک‌ها. انتشارات دانشگاه تهران. ۱۳۶۴.
۱۳. کرمی. مهین. «اثرات تجمعی فاضلاب بر غلظت عناصر آرسنیک، جیوه، سرب و کادمیم در خاک و گیاه گندم». پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد خاک‌شناسی. دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۳۸۳.
۱۴. میلر. ادوین و همیلتون، بروس. اقتصاد شهر. ترجمه‌ی عبدالله کوثری. انتشارات علمی و فرهنگی. ۱۳۷۵.
۱۵. میلر. جی. تی. زیستن در محیط‌زیست. ترجمه‌ی مجید مخدوم. انتشارات دانشگاه تهران. ۱۳۷۹.
۱۶. مولای. بابک. آلودگی محیط‌زیست تهران (پایان‌نامه). دانشگاه شهید بهشتی. ۱۳۷۵.
۱۷. نورمن، هادسون. حفاظت خاک. ترجمه‌ی حسین قدیری. انتشارات دانشگاه شهید چمران. ۱۳۷۵.
۱۸. نیشابوری، اصغر. جغرافیای زیستی. انتشارات سمت. ۱۳۷۴.
۱۹. یحیی‌آبادی. مجتبی. «آلایندگی پساب شهری در خاک‌های کشاورزی». پارس بیولوژی (مجله‌ی اینترنتی). ۱۳۸۴.
۲۰. یگانه. مژگان. «اثر فاضلاب بر پارامترهای شوری و فلزات سنگین در پروفیل یک خاک آهکی». رساله‌ی کارشناسی ارشد خاک‌شناسی. دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۳۸۳.
21. Alloway, B. J. (1990). Heavy metals in soils. Lead. Blackie and Son Ltd, Glasgow and London.
22. Pendias, A. K. and H. Pendias (1992). Trace elements in soils and plants. v. lead. 2nd edition. Boca Raton Arbor, London.
23. Ronaldo, M. and R. B. Atlas (1987). Microbial Ecology. Fundamentals and Application. Second Ed.
24. Trisdale, S.W.L. Nelson, and J. D. Beaton (1985). Soil Fertility and fertilizer Macmillan Pub. co. New York.

طبیعی نیز می‌تواند بسیار مؤثر باشد. استفاده از سم به نحوی که تا حد امکان گونه‌های مدنظر را از بین ببرد و به سایر گونه‌ها خسارتی وارد نیابد، سودمند است. به کار گرفتن ترکیبی از مبارزات شیمیایی و بیولوژیک، اقدام لازم دیگری است که می‌توان انجام داد [ادینگتون، ۱۳۸۱: ۲۰]. علف‌های هرز را نیز می‌توان بدون استفاده از علف‌کش‌ها از بین برد؛ چنان‌چه تا قبل از پیدایش این مواد، این کار با روش‌های سنتی انجام می‌گرفت. در صورت وسیع بودن سطح زیر کشت و نبود امکان استفاده از روش‌های سنتی، استفاده از وسایل مکانیزه‌ی جدید که تنها به سوزاندن علف‌های هرز از طریق اشعه و گرما می‌پردازند هم می‌تواند مفید باشد. شخم زدن مکرر زمین بعد از سبز شدن علف‌هرز، می‌تواند اقدام فیزیکی خوبی برای از بین بردن علف‌های هرز باشد [سپاسگزاریان، ۱۳۴۷: ۲۵].

دفع صحیح و اصولی فاضلاب و ضایعات به صورت بهداشتی (ضایعاتی که قابل برگشت به محیط نباشند) نیز امری ضروری است. بازیافت زباله‌های قابل برگشت به طبیعت یکی از راهکارهای باصرفه‌ی اقتصادی بسیار خوب در این زمینه به شمار می‌رود. مدفون کردن بهداشتی مواد زائد جامد، یکی دیگر از گزینه‌های مقبول و منطقی در بسیاری از مناطق شهری جهان محسوب می‌شود. از محاسبات این روش، رعایت اصول مهندسی همراه با ملاحظات بهداشتی و زیست‌محیطی است. دفن مواد زائد شهری می‌تواند بسیار اقتصادی باشد. از روش‌های دیگری که در حفاظت خاک نقش مؤثری دارد، کاشت درختان و «مالج‌پاشی» است. علف‌ها و سایر گیاهان از ضربه‌ی مستقیم قطرات باران به سطح خاک و در نتیجه از فرسایش آن جلوگیری می‌کنند و هنگام جریان یافتن هرز آب مانع شسته شدن خاک می‌شوند. ریشه‌ی گیاهان در خاک هم موجب باز شدن کانال‌های متعددی می‌شود که آب از طریق آن‌ها در خاک نفوذ می‌کند و وضع خاک را بهبود می‌بخشد. اگر خاک یک منطقه را که دارای پوشش نباتی خوبی نیست؛ با مالج بیوشانیم، مالج به صورت محافظی در برابر آب و باد عمل می‌کند و از نابودی خاک جلوگیری خواهد کرد. از خواص دیگر مالج جلوگیری از تبخیر رطوبت خاک در اثر تابش نور خورشید و وزش باد است [فومتر و آدریان، ۱۳۶۹: ۳۶-۴۰]. به طور کلی، موجودات زنده وضعیت محیط را تغییر می‌دهند و بر آن مؤثرند. برای مثال، گیاهان با ترشح موادی از ریشه‌ها، ترکیبات کانی خاک را تغییر می‌دهند و با انباشتن یا افزودن مواد آلی بر پوسته‌ی زمین، تغییرات اساسی در آن پدید می‌آورند و از فرسایش خاک به عنوان منشأ آلودگی جلوگیری می‌کنند [نیشابوری، ۱۳۷۴: ۱۰].

## منابع

۱. ادینگتون، جان م و ادینگتون، م آن: کاربرد علم اکولوژی در اثرات سوءتوسعه. ترجمه‌ی اسماعیل کهرم. ۱۳۸۱.