# تأثیر افزودن ذرات لاستیک فرسوده بر برخی ویژگی‌های شیمیایی یک خاک آهکی

سید محمدیحیی بیدکی[۱*]، محمدعلی حاج عباسی[۲]، امیرحسین خوشگفتارمنش[۲]

و حمیدرضا عشقی‌زاده[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۸/۲۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۳/۱)

## چکیده

**لاستیک‌های فرسوده خودروها یکی از آلوده‌کننده‌های محیط زیست محسوب می‌شوند. تولید روزافزون این ضایعات سبب شده است تا راه‌های کاهش مضرات ناشی از تجمع آنها در محیط زیست نیز به طور جدی‌تر مورد توجه قرار بگیرد. به همین منظور در این تحقیق آثار اختلاط ذرات خرد شده لاستیک‌های فرسوده در دو اندازه ۲-۱ و ۵-۳ میلی‌متر و به مقدار ۵، ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار تا عمق ۳۰ سانتی‌متری روی برخی از ویژگی‌های شیمیایی خاک، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان (لورک) بررسی شد. در این تحقیق هفت تیمار به همراه شاهد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سال ۱۳۸۷ مورد سنجش قرار گرفت. نمونه‌گیری خاک برای تجزیه‌های آزمایشگاهی هشت ماه پس از اختلاط انجام شد. نتایج جداول تجزیه واریانس تیمارها نشان داد که pH، قابلیت هدایت الکتریکی، درصد نیتروژن کل، غلظت کادمیم، سرب، مس و آهن قابل عصاره‌گیری با DTPA خاک تحت تأثیر کاربرد ذرات لاستیک قرار نگرفت. درصد کربن آلی و نسبت کربن به نیتروژن به طور معنی‌داری با کاربرد ذرات لاستیک افزایش یافت. افزایش مقدار روی قابل عصاره‌گیری با DTPA خاک در تیمارهای ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار قطعات ریز و درشت لاستیک نسبت به تیمار شاهد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مقدار روی قابل عصاره‌گیری با DTPA در خاک تیمار شده با ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار قطعات ۵-۳ میلی‌متری لاستیک فرسوده به‌ترتیب حدود ۲ و ۳ برابر بیش از تیمار شاهد شد. به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که در کوتاه مدت، اختلاط ذرات خرد شده لاستیک‌های فرسوده تأثیر معنی‌داری بر بیشتر ویژگی‌های شیمیایی خاک نداشت ولی روی قابل جذب خاک را به طور معنی‌داری افزایش داد. در این راستا، انجام مطالعات بیشتر در مورد معدنی شدن مواد آلی و امکان ایجاد سمیت گیاه در دراز مدت و هم‌چنین تأثیر لاستیک خرد شده بر ویژگی‌های فیزیکی خاک پیشنهاد می‌شود.**

**واژه‌های کلیدی: آلودگی خاک، پ- هاش خاک، روی، لاستیک فرسوده خودرو، محیط زیست**

۱. عضو مرکز پژوهشی کشت بدون خاک، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲. استاد و دانشیار خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: bidaki@ag-iut.ac.ir



Archive of SID

www.SID.ir

**مقدمه**

با پیشرفت تمدن بشری و توسعه فن‌آوری و ازدیاد روزافزون جمعیت، دنیا با مشکلی به نام آلودگی هوا و زمین روبه‌رو شده است که زندگی ساکنان کره زمین را تهدید می‌کند. به طوری که در هر کشوری حفاظت محیط زیست مورد توجه جدی دولتمردان است. امروزه وضعیت زیست محیطی به گونه‌ای شده است که مردم یک شهر یا حتی یک کشور از آثار آلودگی در شهر یا کشور دیگر در امان نیستند (۱ و ۷). آلودگی محیط زیست ناشی از منابع گوناگون بوده که یکی از آنها دور ریزی لاستیک‌های تولید شده پس از استفاده خودروها است. سالانه نزدیک به یک میلیارد حلقه تایر خودرو، معادل ۹ میلیون تن لاستیک در سرتاسر جهان، فرسوده و از رده خارج می‌شود (۲). این مقدار در کشور آمریکا۲۹۰ و در ژاپن ۱۱۰ میلیون حلقه می‌باشد. جمع‌آوری و نگهداری این لاستیک‌ها ضمن ایجاد آلودگی، هزینه‌های زیادی را دربرداشته و علاوه بر آن احتمال آتش‌سوزی در محل نیز وجود دارد (۲). میزان لاستیک‌های فرسوده در ایران سالانه نزدیک به ۷ میلیون حلقه، تقریباً برابر۲۲۰ هزار تن است (۳). از سوی دیگر به ازای تولید یک لاستیک کامیون، معادل ۲۲ گالن نفت مصرف می‌شود (۲). در آمریکا و کانادا تنها ۳۰ درصد تایرها به مراکز بهداشتی دفن زباله منتقل و بقیه در طبیعت رها شده (۴) که زیستگاه مناسبی برای حشرات موذی، جانوران جونده مثل موش و محل مناسبی برای رشد پشه و گسترش عامل انواع بیماری‌ها از جمله ویروس‌ها هستند (۵).

با توجه به اینکه تکه‌های تایر به کندی تجزیه می‌شوند، یافتن راهکاری برای استفاده از آنها و کاهش خطرات زیست محیطی ناشی از دفن آنها در محیط ضروری است. یکی از زمینه‌های بازیافت تایر، تبدیل آن به کود حاوی روی است (۲۷). تایر خودروهای سبک تقریباً دارای ۱/۲ درصد و تایر کامیون دارای ۲/۱ درصد اکسید روی می‌باشد (۵ و ۶). بنابراین می‌توان با اتخاذ روشی مناسب از تایرهای فرسوده به عنوان منبع روی سود جست و هم‌چنین از عواقب مضر ناشی از تجمع تایرها در محیط زیست جلوگیری به عمل آورد (۲۷). روی به کار رفته در لاستیک، روی خالص می‌باشد و البته مقادیر بسیار کمی نیز کادمیوم دارد (۱۵ و ۲۲). مقالات بسیاری در سال‌های اخیر راجع به سمیت روی ناشی از استفاده از لاستیک در خاک چاپ شده که همگی اذعان دارند که کاربرد لاستیک خودرو در اطراف ریشه درختان سبب سمیت روی می‌شود (۱۰و ۱۵). در یک مزرعه بر اثر به کاربردن تایر در کنار ردیف‌های کشت بادام‌زمینی مشاهده شد که بوته‌های بادام‌زمینی در pH متوسط خاک (حدود ۷) بر اثر سمیت روی از بین رفته است (۱۵و ۱۱). خاکستر لاستیک دارای مقادیر بسیار زیادی سولفور و روی می‌باشد که در خاک‌های اسیدی سبب ایجاد سمیت می‌شود. تایرهای به کارگرفته شده در خاک اطراف درختان با pH حدود ۶ که بالاترین جذب روی را دارد، سبب ایجاد سمیت روی و مشاهده اثرات آن می‌شود (۱۲، ۱۷ و ۲۷).

با گذشت زمان میکروب‌ها لاستیک را دگرگون می‌کنند زیرا به عنوان یک منبع انرژی برای جمعیت میکروبی کاربرد دارد. ولی سمیت روی ناشی از به کاربردن ذرات خرد شده لاستیک آسیب بیشتری به گیاهان و به ویژه گیاهچه‌ها وارد می‌سازد (۹ و ۱۷). اگر لاستیک در منطقه ریشه قرار نداشته باشد نمی‌تواند برای گیاه مفید باشد. به علّت کاربرد کم کادمیوم (۰/۰۱۵٪) در مراحل تولید لاستیک، لاستیک به عنوان یک منبع تقریباً خالص از روی تلّقی می‌شود (۲۱، ۲۲ و ۲۵). ولی پلیمرها و نایلون موجود در لاستیک نمی‌توانند سریع تجزیه شوند (۲۰ و ۲۴). هرچه این ذرات ریزتر باشند مقدار روی بیشتری دراختیار گیاهان قرار می‌دهند (۱۹ و ۲۲). افزایش ذرات لاستیک به خاک همانطور که گفته شد سبب افزایش مقدار روی خاک در خاک‌های اسیدی می‌شود و برای از بین بردن چنین اثری می‌توان از آهک استفاده نمود (۱۳ و ۲۰). افزایش آهک به خاک سبب بالا رفتن pH و کاهش اثر سمیت روی می‌شود. میزان آزادسازی روی توسط ذرات خرد شده لاستیک به اندازه ذرات و خردشدگی آنها، pH خاک، میزان جذب روی توسط خاک و خود گیاه بستگی دارد (۱۷). ولی برای خاک‌های آهکی ذرات



www.SID.ir

خرد شده لاستیک به عنوان یک کود مناسب روی تلّقی می‌شود و می‌تواند کاربردهای بسیار خوبی داشته باشد. در یک خاک آهکی با pH حدود ۸/۲-۷/۸ که کمبود روی از شاخصه‌های اصلی آن خاک می‌باشد، استفاده از ذرات خرد شده لاستیک‌های فرسوده سبب کاهش موضعی pH و در دسترس قرارگرفتن P، Fe و Zn می‌شود (۱۸). با توجه به اهمیت بازیافت لاستیک‌های فرسوده و امکان به کارگیری آنها در بخش کشاورزی، در این تحقیق تأثیر اختلاط ذرات خرد شده لاستیک‌های فرسوده در مقادیر و اندازه‌های متفاوت بر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک ارزیابی شد.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق برای بررسی تأثیر میزان و اندازه ذرات خرد شده لاستیک‌های فرسوده بر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در لورک نجف آباد (۲۳ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و ۵۱ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی) انجام شد. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از: کاربرد ۵ ، ۱۰ و ۲۰ تن ذرات لاستیک خودرو فرسوده در اندازه های ۲-۱ و ۵-۳ میلی‌متری و شاهد (بدون کاربرد ذرات لاستیک). این تحقیق در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. در این آزمایش لاستیک‌های فرسوده خودروهای سبک انتخاب شدند که پس از جدا کردن قسمت سیمی داخل آنها، قسمت لاستیکی تایر به ذرات ریز خرد شد. قطعات درشت لاستیک نیز در طی مراحلی به ذرات ۵-۳ میلی‌متری و سپس به ذرات ۲-۱ میلی‌متری تبدیل شدند. به دلیل کمبود اطلاعات در مورد درصد اختلاط ذرات خرد شده لاستیک با خاک، این ذرات با یک کیلوگرم خاک به صورت تیمارهای قبل از مزرعه‌ای مخلوط شده و براساس رنگ ظاهری خاک، تیمارها انتخاب شدند. با توجه به رنگ و ظاهر خاک پس از اضافه شدن لاستیک، سه تیمار ۵، ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار ذرات خرد شده لاستیک‌های فرسوده برای این آزمایش انتخاب شد. در تیمار ۲۰ تن در هکتار، ذرات خرد شده لاستیک به‌راحتی قابل مشاهده بودند. کرت‌های آزمایشی به صورت مربع ۳×۳ انتخاب شدند. پس از مرزبندی کرت‌ها ذرات خرد شده لاستیک تا عمق ۳۰ سانتی‌متری در اردیبهشت ماه ۱۳۸۶ با خاک مخلوط شد. پس از افزودن ذرات خرد شده لاستیک به خاک، اختلاط به طور کامل انجام و خاک طی چند مرحله زیر و رو شد. پس از این مرحله، کرت‌ها هر دوهفته یکبار به روش غرقاب آبیاری شدند. هشت ماه پس از اعمال تیمارها در آذر ماه ۱۳۸۶، نمونه‌برداری‌ها از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک انجام شد.

سپس نیتروژن کل خاک به روش کلدال اندازه‌گیری شد (۸). برای اندازه‌گیری درصد ماده آلی از روش سوزاندن تر استفاده شد (۲۳). غلظت فلزات سنگین در عصاره اشباع خاک‌ها کمتر از حد تشخیص دستگاه جذب اتمی بود. بنابراین از عصاره‌گیر DTPA که قادر به تشکیل کمپلکس با بخش محلول، تبادلی و جذب شده روی سطوحی که به سهولت قابل جذب برای گیاه هستند، استفاده شد. برای اندازه‌گیری غلظت قابل جذب فلزات سنگین، ۲۰ گرم خاک از هر کدام از تیمارها را با ۲۰ میلی‌لیتر DTPA، ۰/۰۰۵ مولار حاوی کلرور کلسیم ۰/۰۱ مولار با pH برابر با ۷/۳ عصاره‌گیری شد. با توجه به این که حلالیت فلزات سنگین به شدت وابسته به pH است، محلول DTPA قبل از اضافه شدن به خاک برای جلوگیری از حل شدن بیش از حد فلزات سنگین توسط تری اتانول آمین (Tri Ethanol Amine, TEA) بافر شد. بعد از افزودن این عصاره‌گیر به خاک و عصاره‌گیری از آن، غلظت عناصر آهن، مس، روی، کادمیم و سرب در عصاره‌های حاصل به وسیله دستگاه جذب اتمی مدل پرکین‌المر- ۳۰۳۰ تعیین شد (۲۳). تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسات گروهی تیمارها (Group comparison) با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹,۱ انجام شد. در این ارتباط ۲۲ مقایسه (Comparison, C) که به ترتیب شامل:

C۱: مقایسه تیمار شاهد با اضافه کردن ۵ تن ذرات ۲-۱ میلی‌متری ذرات لاستیک ($S_1V_1$)، C۲: مقایسه تیمار شاهد با



Archive of SID

www.SID.ir

اضافه کردن ۵ تن ذرات ۵-۳ میلی‌متری ذرات لاستیک ($S_2V_1$)، C۳: مقایسه تیمار شاهد با اضافه کردن ۱۰ تن ذرات ۳-۲ میلی‌متری ذرات لاستیک ($S_2V_2$)، C۴: مقایسه تیمار شاهد با اضافه کردن ۲۰ تن ذرات ۲-۱ میلی‌متری ذرات لاستیک ($S_1V_3$)، C۵: مقایسه تیمار شاهد با اضافه کردن ۲۰ تن ذرات ۵-۳ میلی‌متری ذرات لاستیک ($S_2V_3$)، C۶: مقایسه شاهد با اضافه کردن ۵ تن ذرات لاستیک، C۷: مقایسه شاهد با اضافه کردن ۱۰ تن ذرات لاستیک، C۸: مقایسه شاهد با اضافه کردن ۲۰ تن ذرات لاستیک، C۹: مقایسه بین کاربرد ۵ تن ذرات لاستیک ۲-۱ میلی‌متری با ۵ تن ذرات لاستیک ۵-۳ میلی‌متری، C۱۰: مقایسه بین کاربرد ۱۰ تن ذرات لاستیک ۲-۱ میلی‌متری با ۱۰ تن ذرات لاستیک ۵-۳ میلی‌متری، C۱۱: مقایسه بین کاربرد ۲۰ تن ذرات لاستیک ۲-۱ میلی‌متری با ۲۰ تن ذرات لاستیک ۵-۳ میلی‌متری، C۱۲: مقایسه بین کاربرد ۵ تن ذرات لاستیک با ۱۰ تن ذرات لاستیک، C۱۳: مقایسه بین کاربرد ۵ تن ذرات لاستیک با ۲۰ تن ذرات لاستیک،

C۱۴: مقایسه بین کاربرد ۱۰ تن ذرات لاستیک با ۲۰ تن ذرات لاستیک، C۱۵: مقایسه بین کاربرد ۵ تن ذرات لاستیک ۲-۱ میلی‌متری با ۱۰ تن ذرات لاستیک ۲-۱ میلی‌متری، C۱۶: مقایسه بین کاربرد ۵ تن ذرات لاستیک ۲-۱ میلی‌متری با ۲۰ تن ذرات لاستیک ۲-۱ میلی‌متری، C۱۷: مقایسه بین کاربرد ۵ تن ذرات لاستیک ۵-۳ میلی‌متری با ۱۰ تن ذرات لاستیک ۵-۳ میلی‌متری، C۱۸: مقایسه بین کاربرد ۵ تن ذرات لاستیک ۵-۳ میلی‌متری با ۲۰ تن ذرات لاستیک ۵-۳ میلی‌متری، C۱۹: مقایسه بین کاربرد ۵ تن ذرات لاستیک ۲-۱میلی‌متری با ۱۰ تن ذرات لاستیک ۵-۳ میلی‌متری، C۲۰: مقایسه بین کاربرد ۵ تن ذرات لاستیک ۲-۱میلی‌متری با ۲۰تن ذرات لاستیک ۵-۳ میلی‌متری، C۲۱: مقایسه بین کاربرد ۵ تن ذرات لاستیک ۵-۳ میلی‌متری با ۱۰ تن ذرات لاستیک ۲-۱ میلی‌متری، C۲۲: مقایسه بین کاربرد ۱۰ تن ذرات لاستیک ۵-۳ میلی‌متری با ۲۰ تن ذرات لاستیک ۲-۱ میلی‌متری بود. هم‌چنین ترسیم شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

## نتایج و بحث

### کربن آلی خاک

از نظر مقدار کربن آلی خاک بین تیمار عدم مصرف لاستیک (شاهد) و تیمارهای مصرف ۱۰ و ۲۰ تن ذرات لاستیک درشت به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱٪ از نظر آماری تفاوت معنی‌دار وجود داشت (جدول۱). هم‌چنین تفاوت ۱۷ درصدی ماده آلی خاک بین مقادیر ۱۰ و ۲۰ تن کاربرد لاستیک (شکل۱) در سطح احتمال ۱٪ از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول۱). تیمار ۲۰ تن لاستیک فرسوده با ذرات ۵-۳ میلی‌متری بیشترین تأثیر را بر مقدار کربن آلی خاک داشت. هم‌چنین در تیمارهای ۵ و ۱۰ تن ذرات ۵-۳ میلی‌متری لاستیک نیز افزایش کربن خاک مشاهده شد. نتایج نشان داد که ذرات ۵-۳ میلی‌متری لاستیک فرسوده توانسته است بیشتر از ذرات ریز لاستیک (۲-۱ میلی‌متری) باعث افزایش کربن آلی خاک شود (جدول۱). با توجه به این‌که ذرات ریز لاستیک واکنش‌پذیری بالایی داشته و سبب افزایش غلظت برخی فلزات از جمله روی شده که خاصیت ضد میکروبی دارد، فعالیت میکروبی خاک برای استفاده از این ذرات کمتر از ذرات درشت لاستیک بوده است. در نتیجه، مقدار ذرات درشت لاستیک منبع بهتر کربن برای ریزجانداران خاک، دست کم در دوره زمانی آزمایش حاضر، بوده‌اند. البته در درازمدت، با کاهش اثرهای غلظت زیاد روی، به نظر می‌رسد ذرات ریز لاستیک منبع مناسب‌تر و قابل استفاده‌تری از کربن برای جمعیت میکروبی باشند. این نتایج با یافته‌های پژوهشگران دیگر مطابقت دارد (۲۴).

### pH خاک

ذرات خرد شده لاستیک‌های فرسوده تأثیر معنی‌داری بر pH خاک نداشتند. به نظر می‌رسد با توجه به نقش بافری خاک، محیط آن تحت تأثیر فرآیندهای کوتاه مدت تغییر چندانی نمی‌کند (۲۷)، بنابراین با گذشت ۲۴۵ روز از اضافه کردن ذرات خرد شده لاستیک‌های فرسوده، تغییر چشمگیری در pH خاک حاصل نشده است. هم‌چنین بین تیمارها در هر دو اندازه ۲-۱ و



www.SID.ir

**جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک متأثر از مقادیر مختلف لاستیک فرسوده با اندازه‌های متفاوت**

| مقایسه | تیمار | | | | | | | مواد آلی (٪) | pH | EC ($dSm^{-2}$) | N(٪) | C/N |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Control | $S_1V_1$ | $S_2V_1$ | $S_1V_2$ | $S_2V_2$ | $S_1V_3$ | $S_2V_3$ | احتمال معنی‌دار بودن | | | | |
| C۱ | ۱ | −۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۹۳ | ۰/۵۰ | ۰/۵۶ | ۰/۲۵ | ۰/۷۱ |
| C۲ | ۱ | ۰ | −۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۱۵ | ۰/۶۵ | ۰/۷۲ | ۰/۰۶ | ۰/۰۱ |
| C۳ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰ | −۱ | ۰ | ۰ | ۰/۰۲ | ۰/۶۰ | ۰/۴۱ | ۰/۳۲ | ۰/۰۴ |
| C۴ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | −۱ | ۰ | ۰/۹۵ | ۰/۸۵ | ۰/۷۵ | ۰/۰۲ | ۰/۰۷ |
| C۵ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | −۱ | ۰/۰۱ | ۰/۴۵ | ۰/۸۰ | ۰/۲۵ | ۰/۰۲ |
| C۶ | ۲ | −۱ | −۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۴۳ | ۰/۵۱ | ۰/۹۰ | ۰/۰۸ | ۰/۰۹ |
| C۷ | ۲ | ۰ | ۰ | −۱ | −۱ | ۰ | ۰ | ۰/۵۹ | ۰/۵۱ | ۰/۴۱ | ۰/۲۲ | ۰/۳۷ |
| C۸ | ۲ | ۰ | ۱ | ۱ | ۰ | −۱ | −۱ | ۰/۱۲ | ۰/۵۸ | ۰/۹۷ | /۰۵ | ۰/۰۲ |
| C۹ | ۰ | −۱ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۱۳ | ۰/۸۳ | ۰/۳۵ | ۰/۴۱ | ۰/۰۳ |
| C۱۰ | ۰ | ۰ | ۰ | −۱ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰/۰۱ | ۰/۹۵ | ۰/۸۲ | ۰/۸۵ | ۰/۰۱ |
| C۱۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | −۱ | ۱ | ۰/۰۱ | ۰/۵۷ | ۰/۵۷ | ۰/۲۰ | ۰/۴۷ |
| C۱۲ | ۰ | −۱ | −۱ | ۱ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰/۷۵ | ۱/۰ | ۰/۳۹ | ۰/۴۹ | ۰/۳۱ |
| C۱۳ | ۰ | −۱ | −۱ | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ | ۰/۳۰ | ۰/۸۹ | ۰/۹۱ | ۰/۷۳ | ۰/۲۸ |
| C۱۴ | ۰ | ۰ | ۰ | −۱ | −۱ | ۱ | ۱ | ۰/۱۹ | ۰/۸۹ | ۰/۳۴ | ۰/۳۱ | ۰/۰۵ |
| C۱۵ | ۰ | −۱ | ۰ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۱۶ | ۰/۹۳ | ۰/۹۷ | ۰/۹۸ | ۰/۳۱ |
| C۱۶ | ۰ | −۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۰ | ۰/۹۷ | ۰/۶۳ | ۰/۷۹ | ۰/۲۰ | ۰/۱۳ |
| C۱۷ | ۰ | ۰ | −۱ | ۰ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰/۳۱ | ۰/۹۳ | ۰/۲۴ | ۰/۳۳ | ۰/۶۶ |
| C۱۸ | ۰ | ۰ | −۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۰/۱۶ | ۰/۷۶ | ۰/۹۱ | ۰/۴۱ | ۰/۹۹ |
| C۱۹ | ۰ | −۱ | ۰ | ۰ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰/۰۲ | ۰/۸۹ | ۰/۸ | ۰/۸۷ | ۰/۰۸ |
| C۲۰ | ۰ | −۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۰/۰۰۱ | ۰/۹۳ | ۰/۴۱ | ۱/۰ | ۰/۰۴ |
| C۲۱ | ۰ | ۰ | −۱ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۰۰۱ | ۰/۸۹ | ۰/۳۴ | ۰/۴۲ | ۰/۰۱ |
| C۲۲ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | −۱ | ۱ | ۰ | ۰/۰۲ | ۰/۷۲ | ۰/۶۱ | ۰/۱۵ | ۰/۷۷ |

*Control: تیمار شاهد یا بدون مصرف ذرات لاستیک، $S_1V_1$: اضافه کردن ۵ تن ذرات ۲-۱ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_1V_2$: اضافه کردن ۱۰ تن ذرات ۲-۱ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_1V_3$: اضافه کردن ۲۰ تن ذرات ۲-۱ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_2V_1$: اضافه کردن ۵ تن ذرات ۵-۳ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_2V_2$: اضافه کردن ۱۰ تن ذرات ۵-۳ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_2V_3$: اضافه کردن ۲۰ تن ذرات ۵-۳ میلی‌متری ذرات لاستیک



Archive of SID

www.SID.ir

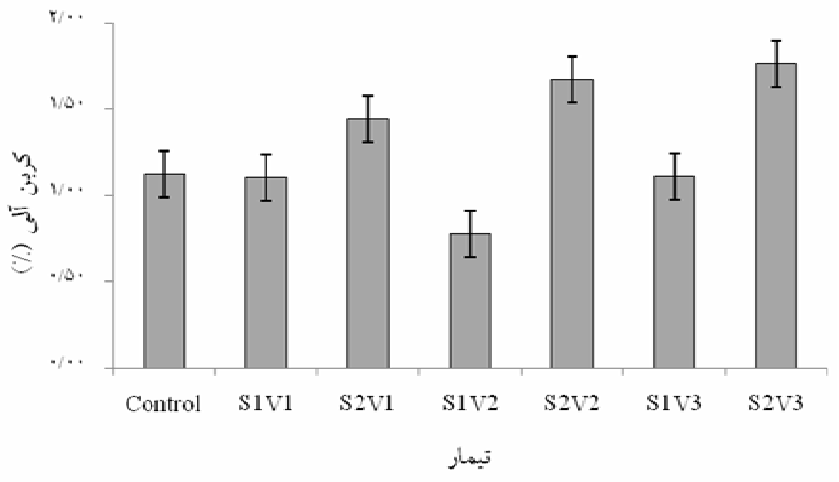
**ادامه جدول۱. نتایج تجزیه واریانس برخی از ویژگی‌های شیمیایی خاک متأثر از مقادیر مختلف لاستیک فرسوده با اندازه‌های متفاوت**

| مقایسه | تیمار | | | | | | | $Cd(mgkg^{-1})$ | $Cu(mgkg^{-1})$ | $Zn(mgkg^{-1})$ | $Fe(mgkg^{-1})$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Control | $S_1V_1$ | $S_2V_1$ | $S_1V_2$ | $S_2V_2$ | $S_1V_3$ | $S_2V_3$ | احتمال معنی دار بودن | | | |
| C۱ | ۱ | -۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۴۳ | ۰/۶۳ | ۰/۶۵ | ۰/۰۱ |
| C۲ | ۱ | ۰ | -۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۳۶ | ۰/۵۴ | ۰/۸۸ | ۰/۰۷ |
| C۳ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰ | -۱ | ۰ | ۰ | ۰/۲۴ | ۰/۷۳ | ۰/۰۰۱ | ۰/۳۴ |
| C۴ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | -۱ | ۰ | ۰/۷۹ | ۰/۷۳ | ۰/۶۶ | ۰/۲۵ |
| C۵ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | -۱ | ۱/۰ | ۰/۷۷ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۱ |
| C۶ | ۲ | -۱ | -۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۳۲ | ۰/۵۳ | ۰/۸۶ | ۰/۰۱ |
| C۷ | ۲ | ۰ | ۰ | -۱ | -۱ | ۰ | ۰ | ۰/۴۹ | ۰/۵۱ | ۰/۰۱ | ۰/۱۰ |
| C۸ | ۲ | ۰ | ۱ | ۱ | ۰ | -۱ | -۱ | ۰/۸۸ | ۰/۷۱ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۳ |
| C۹ | ۰ | -۱ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۸۹ | ۰/۸۹ | ۰/۵۵ | ۰/۳۵ |
| C۱۰ | ۰ | ۰ | ۰ | -۱ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰/۲۴ | ۰/۶۵ | ۰/۰۰۴ | ۰/۳۲ |
| C۱۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | -۱ | ۱ | ۰/۷۹ | ۰/۹۶ | ۰/۰۰۱ | ۰/۱۳ |
| C۱۲ | ۰ | -۱ | -۱ | ۱ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰/۷۰ | ۰/۹۷ | ۰/۰۰۱ | ۰/۲۱ |
| C۱۳ | ۰ | -۱ | -۱ | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ | ۰/۱۷ | ۰/۷۳ | ۰/۰۰۲ | ۰/۵۸ |
| C۱۴ | ۰ | ۰ | ۰ | -۱ | -۱ | ۱ | ۱ | ۰/۳۱ | ۰/۷۱ | ۰/۲۲ | ۰/۴۷ |
| C۱۵ | ۰ | -۱ | ۰ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۴۳ | ۰/۷۵ | ۰/۲۱ | ۰/۳۹ |
| C۱۶ | ۰ | -۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۰ | ۰/۲۹ | ۰/۸۸ | ۰/۳۸ | ۰/۱۱ |
| C۱۷ | ۰ | ۰ | -۱ | ۰ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰/۷۹ | ۰/۷۸ | ۰/۰۰۱ | ۰/۳۵ |
| C۱۸ | ۰ | ۰ | -۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۰/۳۵ | ۰/۷۴ | ۰/۰۰۱ | ۰/۳۹ |
| C۱۹ | ۰ | -۱ | ۰ | ۰ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰/۶۹ | ۰/۸۹ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۷ |
| C۲۰ | ۰ | -۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۰/۴۳ | ۰/۸۴ | ۰/۰۰۱ | ۰/۹۴ |
| C۲۱ | ۰ | ۰ | -۱ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۳۶ | ۰/۸۶ | ۰/۵۱ | ۰/۹۴ |
| C۲۲ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | -۱ | ۱ | ۰ | ۰/۱۶ | ۰/۹۹ | ۰/۰۰۲ | ۰/۸۲ |

*Control: تیمار شاهد یا بدون مصرف ذرات لاستیک، $S_1V_1$: اضافه کردن ۵ تن ذرات ۲-۱ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_1V_2$: اضافه کردن ۱۰ تن ذرات ۲-۱ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_1V_3$: اضافه کردن ۲۰ تن ذرات ۲-۱ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_2V_1$: اضافه کردن ۵ تن ذرات ۵-۳ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_2V_2$: اضافه کردن ۱۰ تن ذرات ۵-۳ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_2V_3$: اضافه کردن ۲۰ تن ذرات ۵-۳ میلی‌متری ذرات لاستیک



www.SID.ir




**شکل۱. تأثیر مقادیر مختلف لاستیک فرسوده با اندازه‌های متفاوت بر مقدار کربن آلی خاک**

Control: تیمار شاهد یا بدون مصرف ذرات لاستیک، $S_1V_1$: اضافه کردن ۵ تن ذرات ۲-۱ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_1V_2$: اضافه کردن ۱۰ تن ذرات ۲-۱ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_1V_3$: اضافه کردن ۲۰ تن ذرات ۲-۱ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_2V_1$: اضافه کردن ۵ تن ذرات ۵-۳ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_2V_2$: اضافه کردن ۱۰ تن ذرات ۵-۳ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_2V_3$: اضافه کردن ۲۰ تن ذرات ۵-۳ میلی‌متری ذرات لاستیک

۵-۳ میلی‌متری نیز تفاوت معنی‌داری از نظر pH خاک مشاهده نشد و بنابراین تغییر در pH خاک به اندازه ذرات خرد شده نیز بستگی ندارد. بیشترین افزایش pH در تیمار ۲۰ تن لاستیک فرسوده مشاهده شد که تنها باعث افزایش یک درصدی pH خاک شد (شکل۲). چون این تحقیق در یک نمونه خاک تیپیک مناطق مرکزی ایران با درصد آهک بالا اجرا شد، مشاهده می‌شود که اعمال تیمارهای مورد نظر تأثیر قابل توجهی بر pH عصاره خاک نداشته است.

**قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک**

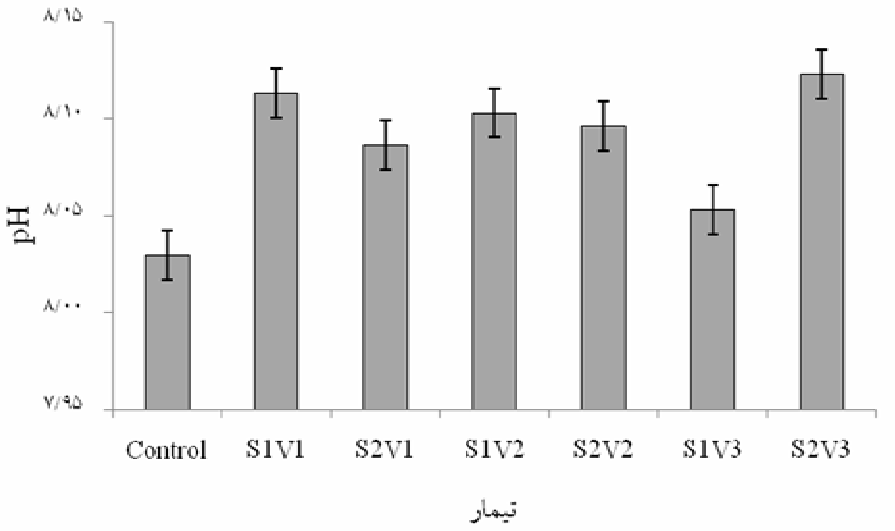
تفاوت قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در بین تیمارهای مختلف از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول۱ و شکل۳). با توجه به این‌که ذرات لاستیک بیشتر از ترکیبات زنجیره هیدروکربنی ساخته شده‌اند، معمولاً باعث شور شدن خاک نمی‌شوند (۲۷). این مورد یکی از برتری‌های اضافه نمودن ذرات خرد شده لاستیک به خاک به شمار می‌رود. بنابراین پس از انجام مطالعات تکمیلی و شناسایی سایر آثار مفید و غیرمفید احتمالی ذرات خرد شده لاستیک‌های فرسوده ، شاید به عنوان یک اصلاح کننده خوب قابل توصیه باشند.

**نیتروژن کل خاک**

نیتروژن کل خاک در برخی از تیمارها نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری داشت (جدول۱). نیتروژن خاک در تیمار ۲۰ تن در هکتار لاستیک فرسوده خودرو در قطعات ریز (۲-۱ میلی‌متر) به صورت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ و به میزان ۴۲ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش پیدا کرد (جدول۱، مقایسه۴). هم‌چنین ذرات خرد شده لاستیک فرسوده در تیمارهای ۲۰تن در هکتار در هر دو اندازه نسبت به تیمار شاهد کاهش معنی‌داری (در سطح ۵ درصد) نشان دادند (جدول ۱، مقایسه ۸). با توجه به این که در فرآیند ساخت لاستیک از نیتروژن استفاده نمی‌شود و ذرات خرد شده لاستیک‌های فرسوده از پیوندهای هیدروکربنی تشکیل شده‌اند، تصور می‌شد هنگامی که ذرات میکروبی خاک مشغول به تجزیه ذرات خرد شده لاستیک باشند نیتروژن موجود در خاک را

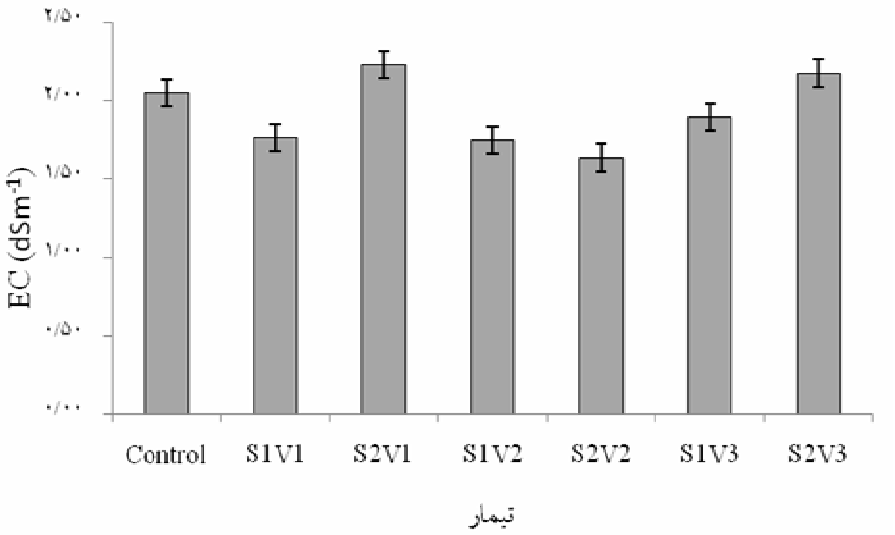


Archive of SID
www.SID.ir




**شکل۲. تأثیر مقادیر مختلف لاستیک فرسوده با اندازه‌های متفاوت بر مقدار pH خاک**

Control: تیمار شاهد یا بدون مصرف ذرات لاستیک، $S_1V_1$: اضافه کردن ۵ تن ذرات ۲-۱ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_1V_2$: اضافه کردن ۱۰ تن ذرات ۲-۱ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_1V_3$: اضافه کردن ۲۰ تن ذرات ۲-۱ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_2V_1$: اضافه کردن ۵ تن ذرات ۵-۳ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_2V_2$: اضافه کردن ۱۰ تن ذرات ۵-۳ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_2V_3$: اضافه کردن ۲۰ تن ذرات ۵-۳ میلی‌متری ذرات لاستیک




**شکل۳. تأثیر مقادیر مختلف لاستیک فرسوده با اندازه‌های متفاوت بر قابلیت هدایت الکتریکی خاک**

Control: تیمار شاهد یا بدون مصرف ذرات لاستیک، $S_1V_1$: اضافه کردن ۵ تن ذرات ۲-۱ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_1V_2$: اضافه کردن ۱۰ تن ذرات ۲-۱ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_1V_3$: اضافه کردن ۲۰ تن ذرات ۲-۱ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_2V_1$: اضافه کردن ۵ تن ذرات ۵-۳ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_2V_2$: اضافه کردن ۱۰ تن ذرات ۵-۳ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_2V_3$: اضافه کردن ۲۰ تن ذرات ۵-۳ میلی‌متری ذرات لاستیک



www.SID.ir

مورد استفاده قرار دهند. نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد مقدار زیاد ضایعات پلیمری باعث کاهش نیتروژن خاک شد (شکل ۴).

**نسبت کربن به نیتروژن خاک**

ذرات خرد شده لاستیک‌های فرسوده در بیشتر تیمارها باعث بالا رفتن نسبت کربن به نیتروژن خاک شدند (جدول ۱). نسبت کربن به نیتروژن خاک در تیمارهای ۵، ۱۰ و ۲۰ تن ذرات خردشده لاستیک فرسوده در اندازه ۵-۳ میلی‌متری افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد داشت (شکل۵). این افزایش می‌تواند به دلیل بالارفتن کربن آلی خاک بر اثر افزایش ذرات ۵-۳ میلی‌متری ذرات خرد شده لاستیک‌های فرسوده باشد.

**کادمیم قابل جذب خاک**

ذرات خرد شده لاستیک‌های فرسوده در سطوح مصرف شده تأثیر معنی‌داری بر کادمیم خاک نداشتند (جدول۱). این مطلب توسط چنی و همکاران (۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶ و ۱۷) نیز مورد اشاره قرار گرفته است. آنها دریافتند که افزایش ذرات خرد شده لاستیک تأثیری بر غلظت کادمیم خاک ندارد. بنابراین با در نظر گرفتن استانداردهای کادمیم در خاک در اکثر نقاط دنیا که بالاتر از ۰/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد (۲۷)، می‌توان گفت که ۸ ماه پس از شروع این تحقیق افزودن حتی ۲۰ تن در هکتار ذرات خرد شده لاستیک فرسوده به خاک تأثیری بر کادمیم خاک نداشته و باعث آلودگی خاک به این فلز سنگین نشده است (شکل۶). در مطالعاتی که توسط طاهری و همکاران (۲۷) انجام شد نیز بر این نکته تأکید شده است که کودهای روی تولید شده از ضایعات پلیمری فرسوده به میزان کمتری از کودهای رایج در بازار، کادمیم دارد.

**مس قابل جذب خاک**

با توجه به این که فلز مس در صنعت تولید لاستیک کاربردی ندارد، نتایج این تحقیق نیز نشان‌دهنده عدم تأثیر ذرات خردشده لاستیک بر مس خاک است (جدول ۱). تیمارهای متأثر از ذرات خرد شده لاستیک در هیچ‌کدام از سطوح و قطعات اضافه شده به خاک در مقایسه با یکدیگر تفاوت معنی‌داری در میزان مس نداشتند و میانگین غلظت مس خاک در تیمارهای مختلف حدود ۳/۲۱ میلی‌گرم در هر کیلوگرم خاک بود (شکل۷). در مطالعات قبلی نیز افزایشی در میزان مس خاک، پس از کاربرد لاستیک فرسوده گزارش نشده است (۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶ و ۱۷).

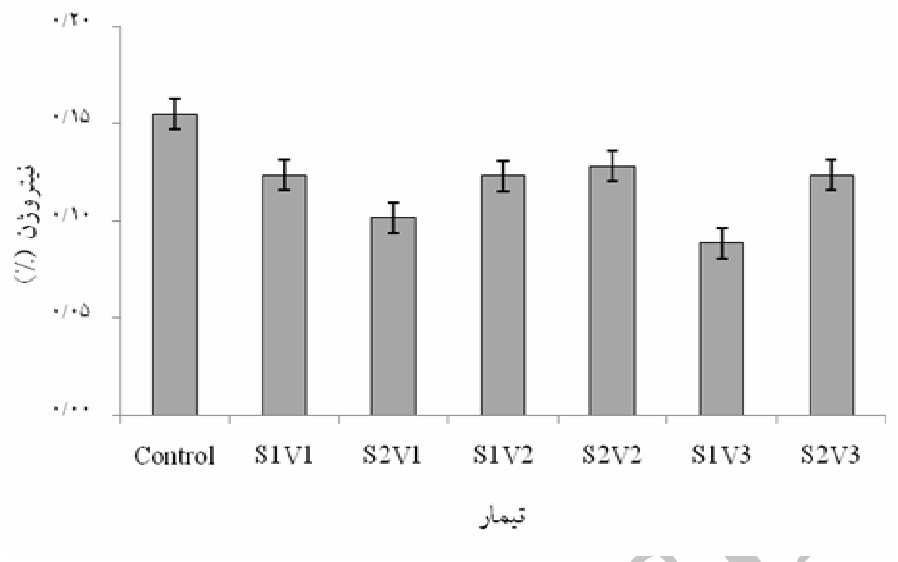
**روی قابل جذب خاک**

تأثیر افزودن ذرات خرد شده لاستیک‌های فرسوده به خاک بر مقدار روی خاک در بسیاری از مقایسه‌های بین تیمارها معنی‌دار شد (جدول۱). افزایش مقدار روی خاک در تیمارهای ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار در قطعات ریز و درشت نسبت به تیمار شاهد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مقدار روی در خاک تیمار شده با ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار قطعات ۵-۳ میلی‌متری لاستیک فرسوده به ترتیب حدود ۲ و ۳ برابر بیشتر از تیمار شاهد شد (شکل ۸). با توجه به نتایج به دست آمده از این آزمایش، می‌توان نتیجه گرفت که ذرات خرد شده لاستیک‌های فرسوده توانسته‌اند مقدار روی خاک را افزایش دهند. حد متوسط غلظت روی در خاک ۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. نتایج این پژوهش نشان داد که ذرات خرد شده لاستیک فرسوده توانستند باعث بالارفتن میزان روی خاک تا حد بالاتر از متوسط مورد نیاز آن شوند. هم‌چنین این نتایج نشان می‌دهد که افزایش بیش از حد ذرات خرد شده لاستیک می‌تواند باعث ایجاد سمیت روی نیز شود. چنی و براون (۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶ و ۱۷) گزارش کردند که ذرات خرد شده لاستیک در خاک‌های اسیدی باعث ایجاد سمیت روی در گیاه می‌شوند که نتایج این پژوهش نشان می‌دهد امکان بروز سمیت روی در خاک‌های آهکی نیز وجود دارد. یکی از مهم‌ترین خصوصیات صنعت تولید لاستیک، استفاده از روی خالص در این صنعت جهت بهبود کیفیت لاستیک است (۱۹). بنابراین با فراهم شدن امکان استفاده از لاستیک‌های فرسوده به عنوان کود روی، ضمن



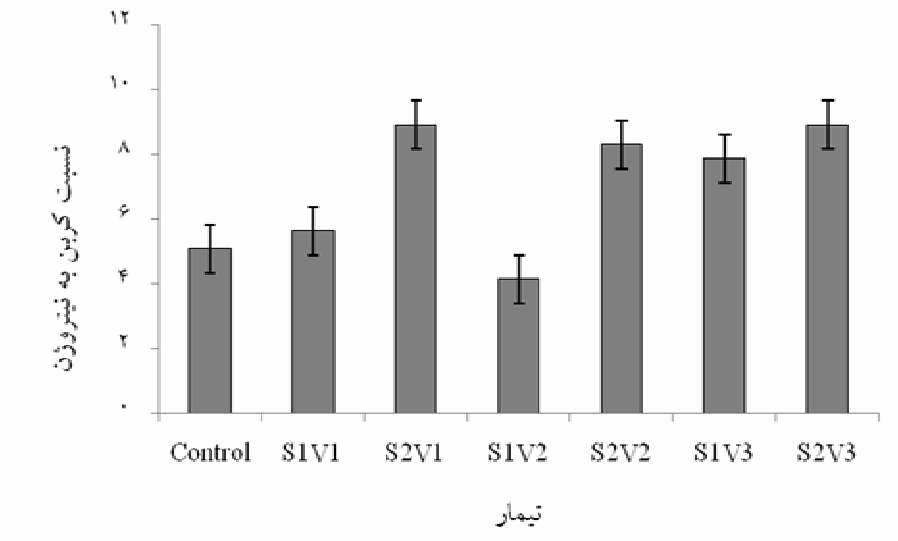
Archive of SID

www.SID.ir




**شکل۴. تأثیر مقادیر مختلف لاستیک فرسوده با اندازه‌های متفاوت بر درصد نیتروژن خاک**

Control: تیمار شاهد یا بدون مصرف ذرات لاستیک، $S_1V_1$: اضافه کردن ۵ تن ذرات ۲-۱ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_1V_2$: اضافه کردن ۱۰ تن ذرات ۲-۱ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_1V_3$: اضافه کردن ۲۰ تن ذرات ۲-۱ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_2V_1$: اضافه کردن ۵ تن ذرات ۵-۳ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_2V_2$: اضافه کردن ۱۰ تن ذرات ۵-۳ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_2V_3$: اضافه کردن ۲۰ تن ذرات ۵-۳ میلی‌متری ذرات لاستیک

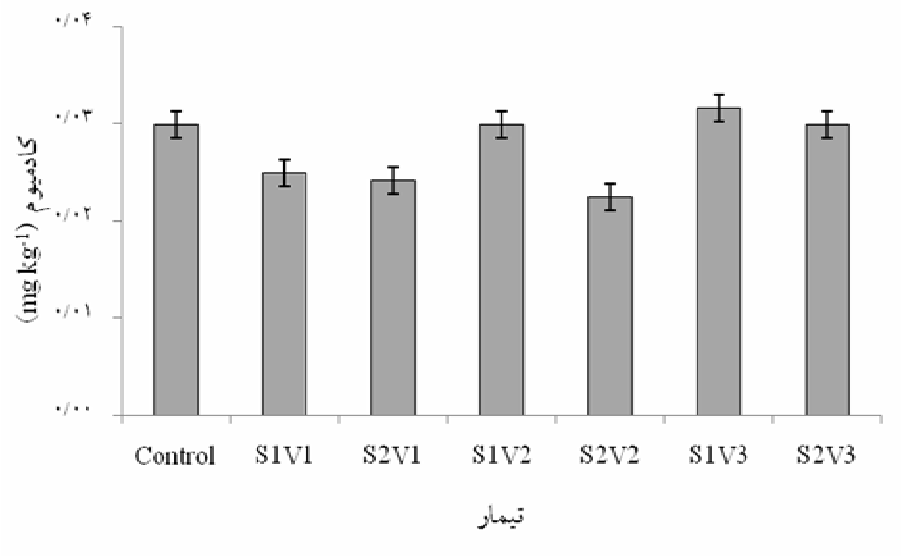



**شکل۵. تأثیر مقادیر مختلف لاستیک فرسوده با اندازه‌های متفاوت بر نسبت کربن به نیتروژن خاک**

Control: تیمار شاهد یا بدون مصرف ذرات لاستیک، $S_1V_1$: اضافه کردن ۵ تن ذرات ۲-۱ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_1V_2$: اضافه کردن ۱۰ تن ذرات ۲-۱ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_1V_3$: اضافه کردن ۲۰ تن ذرات ۲-۱ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_2V_1$: اضافه کردن ۵ تن ذرات ۵-۳ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_2V_2$: اضافه کردن ۱۰ تن ذرات ۵-۳ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_2V_3$: اضافه کردن ۲۰ تن ذرات ۵-۳ میلی‌متری ذرات لاستیک

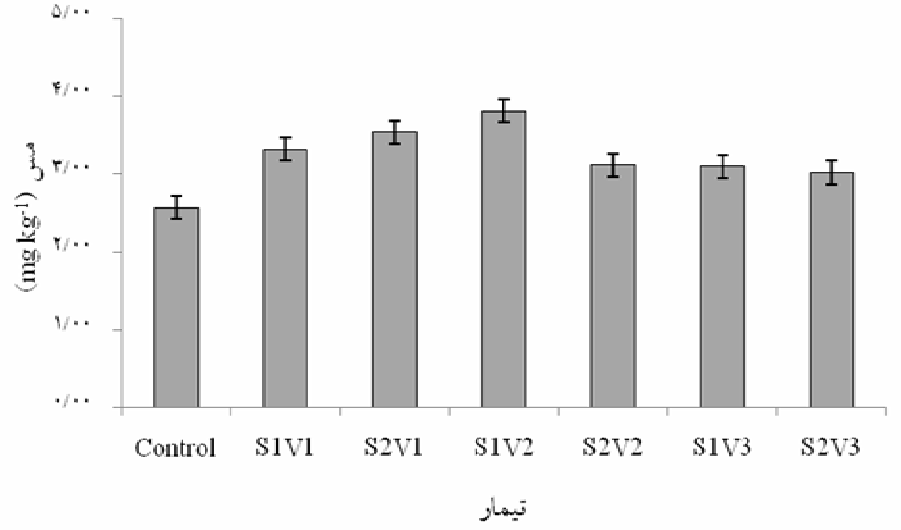


www.SID.ir




**شکل۶. تأثیر مقادیر مختلف لاستیک فرسوده با اندازه‌های متفاوت بر غلظت کادمیوم خاک**

Control: تیمار شاهد یا بدون مصرف ذرات لاستیک، $S_1V_1$: اضافه کردن ۵ تن ذرات ۲-۱ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_1V_2$: اضافه کردن ۱۰ تن ذرات ۲-۱ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_1V_3$: اضافه کردن ۲۰ تن ذرات ۲-۱ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_2V_1$: اضافه کردن ۵ تن ذرات ۵-۳ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_2V_2$: اضافه کردن ۱۰ تن ذرات ۵-۳ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_2V_3$: اضافه کردن ۲۰ تن ذرات ۵-۳ میلی‌متری ذرات لاستیک

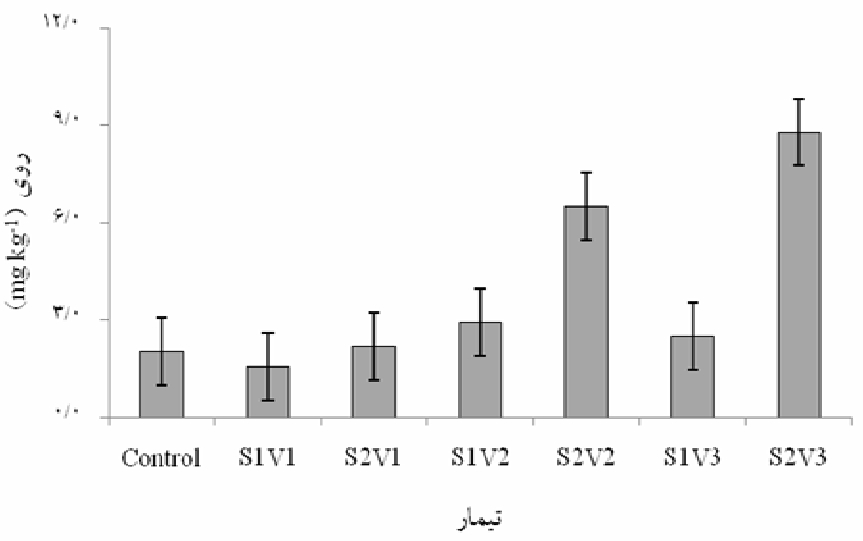



**شکل۷. تأثیر مقادیر مختلف لاستیک فرسوده با اندازه‌های متفاوت بر غلظت مس خاک**

Control: تیمار شاهد یا بدون مصرف ذرات لاستیک، $S_1V_1$: اضافه کردن ۵ تن ذرات ۲-۱ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_1V_2$: اضافه کردن ۱۰ تن ذرات ۲-۱ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_1V_3$: اضافه کردن ۲۰ تن ذرات ۲-۱ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_2V_1$: اضافه کردن ۵ تن ذرات ۵-۳ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_2V_2$: اضافه کردن ۱۰ تن ذرات ۵-۳ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_2V_3$: اضافه کردن ۲۰ تن ذرات ۵-۳ میلی‌متری ذرات لاستیک

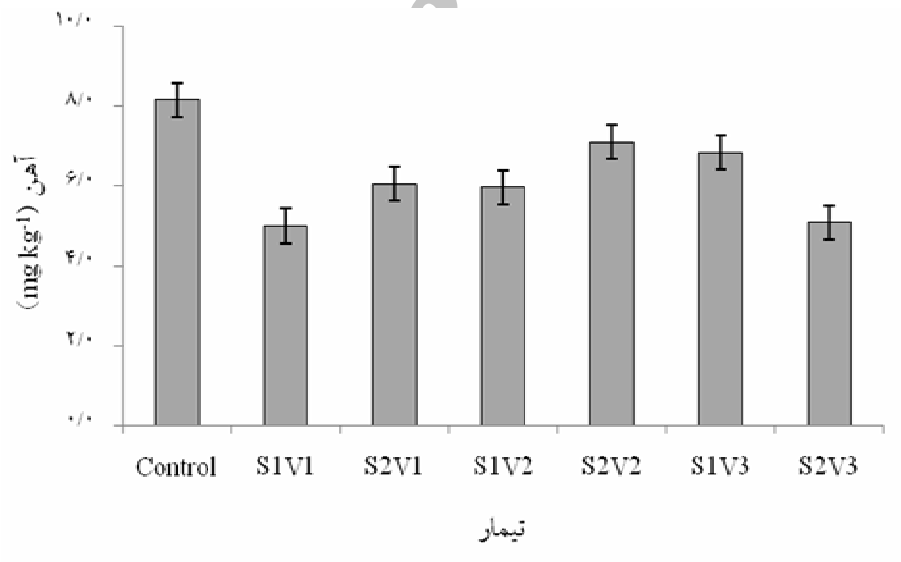


www.SID.ir




**شکل۸. تأثیر مقادیر مختلف لاستیک فرسوده با اندازه‌های متفاوت بر غلظت روی خاک**

Control: تیمار شاهد یا بدون مصرف ذرات لاستیک، $S_1V_1$: اضافه کردن ۵ تن ذرات ۲-۱ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_1V_2$: اضافه کردن ۱۰ تن ذرات ۲-۱ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_1V_3$: اضافه کردن ۲۰ تن ذرات ۲-۱ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_2V_1$: اضافه کردن ۵ تن ذرات ۵-۳ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_2V_2$: اضافه کردن ۱۰ تن ذرات ۵-۳ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_2V_3$: اضافه کردن ۲۰ تن ذرات ۵-۳ میلی‌متری ذرات لاستیک




**شکل۹. تأثیر مقادیر مختلف لاستیک فرسوده با اندازه‌های متفاوت بر مقدار آهن خاک**

Control: تیمار شاهد یا بدون مصرف ذرات لاستیک، $S_1V_1$: اضافه کردن ۵ تن ذرات ۲-۱ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_1V_2$: اضافه کردن ۱۰ تن ذرات ۲-۱ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_1V_3$: اضافه کردن ۲۰ تن ذرات ۲-۱ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_2V_1$: اضافه کردن ۵ تن ذرات ۵-۳ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_2V_2$: اضافه کردن ۱۰ تن ذرات ۵-۳ میلی‌متری ذرات لاستیک، $S_2V_3$: اضافه کردن ۲۰ تن ذرات ۵-۳ میلی‌متری ذرات لاستیک



www.SID.ir

کاهش اثرات مخرب این ماده آلاینده در محیط زیست، کمبود روی مورد نیاز محصولات زراعی به ویژه در خاک‌های آهکی نیز کاهش خواهد یافت (۲۶). نتایج این تحقیق با گزارش‌های قبلی نیز همخوانی دارد. چنی و براون (۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶ و ۱۷) گزارش کردند، ذرات خرد شده لاستیک‌های فرسوده می‌توانند میزان روی در خاک را افزایش‌دهند و ذرات خرد شده لاستیک‌های فرسوده می‌توانند در خاک‌های اسیدی سبب ایجاد سمیت شوند. ولی با توجه به این که خاک‌های ایران مرکزی بیشتر آهکی هستند، ذرات خردشده لاستیک برای گیاه خطر سمیت ندارد.

### آهن قابل‌جذب خاک

در صنعت تولید لاستیک خودرو از سیم‌های آهنی برای استحکام و شکل‌دهی لاستیک استفاده می‌شود. با توجه به این که این لاستیک‌ها در مرور زمان فرسوده می‌شوند امکان واکنش سیم‌های آهنی داخل لاستیک با مواد لاستیکی وجود دارد. این مطلب باعث شد تا در مقایسه‌های انجام گرفته در این آزمایش بین ذرات ریز خرد شده لاستیک فرسوده خودرو در تیمارهای ۲۰ تن لاستیک فرسوده در هکتار و تیمار شاهد در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار مشاهده شود (جدول ۱، مقایسه ۴ و ۵). حد متوسط آهن در خاک ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. نتایج این پژوهش نشان داد که ذرات خردشده لاستیک‌های فرسوده باعث کاهش میزان آهن قابل جذب خاک شدند (شکل۹). این امر می‌تواند به دلیل واکنش‌های خاک به دلیل افزایش ذرات خرد شده لاستیک‌های فرسوده باشد.

## نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده نشان داد که ذرات خرد شده لاستیک‌های فرسوده در شرایط مشابه این آزمایش می‌توانند مقدار روی قابل جذب خاک را در کوتاه‌مدت افزایش دهند. با توجه به این ویژگی می‌توان گفت که از ذرات خرد شده لاستیک‌های فرسوده می‌توان به عنوان یک منبع غنی و ارزان روی استفاده کرد. هر چند انجام مطالعاتی با به کارگیری مقادیر متفاوت ذرات لاستیک در مدت زمان طولانی‌تر و نیز با حضور گیاهان مختلف در روشن شدن ابعاد مختلف این مسئله کمک خواهد کرد. هم‌چنین انجام مطالعات بیشتر در مورد معدنی شدن مواد آلی و امکان ایجاد سمیت گیاه در دراز مدت و تأثیر لاستیک خرد شده بر ویژگی‌های فیزیکی خاک توصیه می‌شود.

## منابع مورد استفاده


۱. افیونی، م.، ح. خادمی، ح. شریعتمداری، م. امینی و ا. خسروی. ۱۳۸۲. گزارش نهایی بررسی وضعیت آلودگی خاک‌های سطحی منطقه مرکزی اصفهان. اداره کل حفاظت محیط زیست استان اصفهان.

۲. بی‌نام، ۱۳۸۴. خبرنامه صنعت لاستیک. شماره ۵۹، صفحه۲۵.

۳. بی‌نام، ۱۳۸۴. خبرنامه صنعت لاستیک. شماره ۵۹، صفحه۲۶.

۴. بی‌نام، ۱۳۸۴. خبرنامه صنعت لاستیک. شماره ۵۹، صفحه۲۹.

۵. بی‌نام، ۱۳۸۵. خبرنامه صنعت لاستیک. شماره ۶۲، صفحه ۳۶.

۶. بی‌نام، ۱۳۸۵. خبرنامه صنعت لاستیک. شماره ۶۵، صفحه۳۰.

7. سامانی مجد، س.، ا. تائبی، م. افیونی. ۱۳۸۶. آلودگی خاک حاشیه خیابان‌های شهری به سرب و کادمیوم. محیط شناسی ۳۳: ۱-۱۰.

8. Alef, K. and P. Nannipieri. 1995. Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. Academic Press, London.




Archive of SID

www.SID.ir

9. Brown, S. L. and R. L. Chaney. 2000. Combining by-products to achieve specific soil amendment objectives. PP. 343-360. *In:* Power, J. F. (Ed.), Land Application of Agricultural, Industrial and Municipal By-Products. SSSA Book Series. Soil Science Society of America, Madison, WI.
10. Brown, S. L., C. L. Henry, H. Compton, R. L. Chaney and P. DeVolder. 2000. Using municipal biosolids in combination with other residuals to restore a vegetative cover on heavy metal mine tailings. PP. 665-670. *In:* Daniels, W. L. and S.G. Richardson (Eds.), Proc. 17th Nat. Mtg. Amer. Soc. Surface Mining and Reclamation.
11. Brown, S. L., C. L. Henry, H. Compton, R. L. Chaney and P. DeVolder. 2000. Using municipal biosolids in combination with other residuals to restore metal-contaminated mining areas. PP. 12. In: Mining, Forest and Land Restoration: The Successful Use of Residuals/Biosolids/Organic Matter for Reclamation Activities. Rocky Mountain Water Environment Association, Denver.
12. Brown, S. L., C. L. Henry, R. L. Chaney and H. Compton. 1998. Bunker Hill Superfund Site: Ecological restoration program. Proc. 15th Nat. Mtg. Amer. Soc. Surface Mining and Reclamation.
13. Brown, S. L., Q. Xue, R. L. Chaney and J. G. Hallfrisch. 1997. Effect of biosolids processing on the bioavailability of Pb in urban soils. Proc. Water Environment Research Foundation Workshop. PP. 43-54.
14. Brown, S. L., R. L. Chaney, C. A. Lloyd and J. S. Angle. 1997. Subsurface liming and metal movement in soils amended with lime-stabilized biosolids. J. Environ. Qual. 26: 724-732.
15. Chaney, R. L., S. L. Brown, J. S. Angle, T. I. Stuczynski, W. L. Daniels, C. L. Henry, G. Siebielec, Y. M. Li, M. Malik, J. A. Ryan and H. Compton. 2000. In situ Remediation/Reclamation/Restoration of Metals Contaminated Soils using Tailor-Made Biosolids Mixtures. Proc. Symp. Mining, Forest and Land Restoration: The Successful Use of Residuals/Biosolids/Organic Matter for Reclamation Activities. Rocky Mountain Water Environment Association, Denver, CO.
16. Chaney, R.L. 1993. Zinc phytotoxicity. PP. 135-150. *In:* A.D. Robson (Ed.), Zinc in Soils and Plants. Kluwer Academic Pub., Dordrecht.
17. Daniels, W. L., T. Stuczynski, R. L. Chaney, K. Pantuck and F. Pistelok. 1998. Reclamation of Pb/Zn smelter wastes in Upper Silesia, Poland. PP. 269-276. *In*: Fox, H. R. (Ed.), Land Reclamation, Achieving Sustainable Benefits. Balkema, Rotterdam.
18. Groenevelt, P. H. and P. E. Grunthal. 1994. Utilization of crumb rubber as a soil amendment for sports turf. Soil. Till. Res. 47: 169-172.
19. Henry, C. and S. Brown. 1997. Restoring a superfund site with biosolids and fly ash. Biocycle 38(11):79-83.
20. Kotani, M. I. Tamura and K. Ishii. 1993. Element analysis of tire compounds. J. Soc. Rubber. Indu. Apan. 60: 883-889.
21. Li, Y. M., R. L. Chaney, G. Siebielec and B. A. Kershner. 2000. Response of four turfgrass cultivars to limestone and biosolids compost amendment of a zinc and cadmium contaminated soil at Palmerton. J. Environ. Qual. 29: 1440-1447.
22. Li, Y.-M. and R. L. Chaney. 1998. Phytostabilization of zinc smelter contaminated sites C. The Palmerton case. PP. 197-210. *In:* J. Vangronsveld and S.D. Cunningham (Eds.), Metal-Contaminated Soils: In-situ Inactivation and Phytorestoration. Landes Bioscience, Austin, TX.
23. Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney. 1982. Methods of soil analysis. 2th ed., Part 2, Richman, M. 1996. Smelting site in Poland reclaimed with biosolids. Biosolid. Tech. Bull.
24. Smolders, E. and F. Degryse. 2002. Fate and effect of zinc from tire debris in soil. Environ. Sci. Technol. 36:3706-3710.
25. Stuczynski, T., W.L. Daniels, K. Pantuck and F. Pistelok. 1997. Stabilization and revegetation of metal smelter wastes in Poland. American Society of Surface Mining and Reclamation. Austin, Texas, May 10-15.
26. Stuczynski, T.K., W.L. Daniels, F. Pistelok, K. Pantuck, R. L. Chaney and G. Siebielec. 2000. Application of sludges for remediation of contaminated soil environment. PP. 227-242. *In*: M.J. Wilson and B. Maliszewska-Kordybabh (Eds.), Soil Quality in Relation To Sustainable Development of Agriculture and Environmental Security in Central and Eastern Europe. Kluwer Academic Pub., Dordrecht.
27. Taheri, S., H. Shariatmadari, A. H. Khoshgoftarmanesh and R. L. Chaney. 2011. Kinetics of zinc release from ground tire rubber and rubber ash in a calcareous soil as alternatives to Zn fertilizers. Plant and Soil 341: 89-97.

Archive of SID



www.SID.ir

# Effect of Waste Tire Rubber Particles on Some Chemical Properties of a Calcareous Soil

**S. M. Y. Bidaki[1]*, M. A. Hajabbasi[2], A. H. Khoshgoftarmanesh[2] and H. R. Eshghizadeh[1]**

(Received: Nov.15-2010; Accepted: May 21-2011)

## Abstract

Waste tire rubbers are considered one of the environment pollutants. Increased production of these pollutants has led to more serious consideration of ways to reduce the harms caused by their accumulation in the environment. Therefore, the effects of incorporation of waste rubber crushed particles in two sizes of 1-2 and 3-5 mm and the amounts of 0, 5, 10 and 20 Mg $ha^{-1}$ in a calcareous soil (0-30 cm depth) on some chemical properties of soil was investigated in Isfahan University of Technology research field (Lavark). This experiment was performed using seven treatments along with a non amended control treatment in a randomized complete block design with three replications in 1387. Eight months after incorporation, soil samples were collected for laboratory analyses. Results of ANOVA tables show that soil pH, electrical conductivity, percentage of total nitrogen and DTPA-extractable concentrations of cadmium, lead, copper and iron were not significantly affected by application of rubber particles. Incorporation of rubber particles into the soil significantly increased soil organic carbon and carbon to nitrogen. Increases in the DTPA-extractable Zn in soils treated with 10 and 20 Mg ha rubber particles in fine and coarse sizes were significant in comparison with the control soil. DTPA-extractable Zn content in the soil treated with 10 and 20 Mg ha 3-5 mm waste tire rubbers particles was about two and three times higher than that in the control treatment, respectively. The results of this study showed that in short-time, incorporation of crushed tire rubbers particles had no significant effect on most chemical properties of the soil but increased the available Zn content. In this regard, further studies to monitor the effects of adding waste rubber crushed particles on organic matter mineralization, plant toxicity and physical properties of soil in long-term are recommended.

**Keywords:** Soil pollution, Soil pH, Zinc, Waste tire rubbers, Environment.

1. Member of Soilless Culture Res. Center, Isf. Univ. Technol., Isfahan, Iran.
2. Prof. and Assoc. Prof. of Soil Sci., College of Agric., Isf. Univ. Technology., Isfahan, Iran.
*: Corresponding Author, Email: bidaki@ag-iut.ac.ir



Archive of SID
www.SID.ir