

ریزگردها و روش مهار آنها با پلیمر

آیدا مهرپژوه^۱، حسن قاسم‌زاده^۲، فرزاد فراهی بلمیری^۳

^۱ دانشجوی دکتری، دانشکده عمران، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران

^۲ دانشیار، دانشکده عمران، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران

^۳ کارشناس ارشد مکانیک دانشگاه بوعلی سینا

نام نویسنده مسئول:

آیدا مهرپژوه

چکیده

افزایش ریزگردها در سال‌های اخیر در جنوب ایران و کشورهای خاورمیانه موجب توجه به روش‌های جدید کنترل و مهار آنها شده است. در این مقاله ضمن مروری بر منشا ایجاد ریزگردها به بررسی تحقیقات صورت گرفته بر روی مکانیزم فرسایش، عوامل تاثیرگذار بر فرسایش بادی، مکانیزم جریان ریزگردها و روش‌های کنترل آنها پرداخته شده است. از بین روش‌های به روز مهار ریزگردها به بررسی پلیمرهای تولید شده برای این منظور پرداخته شده است که از آن جمله می‌توان به پلی‌اکریل آمید و پلی‌وینیل استات اشاره نمود. همچنین محققان ایرانی با استفاده از ضایعات ساختمانی و پلیمرهای موجود اقدام به کنترل ریزگردها نموده‌اند که استفاده از درصد مناسبی از این مواد می‌تواند ریزگردهای ناشی از فرسایش بادی را تا ۹۰٪ کنترل نماید.

واژگان کلیدی: فرسایش بادی، ریزگرد، روش‌های مهار، پلیمر

مقدمه

ذرات معلق به تمامی اجزاء ریز مایع یا جامدی (به جز آب خالص) گفته می‌شود که در جو زمین پراکنده هستند و اندازه میکروسکوپی یا زیرمیکروسکوپی اما بزرگتر از ابعاد مولکولی دارند. ذرات معلق در اثر فرایندهای مختلف طبیعی یا انسانی ایجاد می‌شوند. منابع مصنوعی ذرات معلق در مناطق شهری شامل صنایع مختلف از قبیل سیمان، ذغال سنگ، ذوب آهن، کارخانجات گچ‌پزی و کارگاه‌های بزرگ تراشکاری می‌باشد.

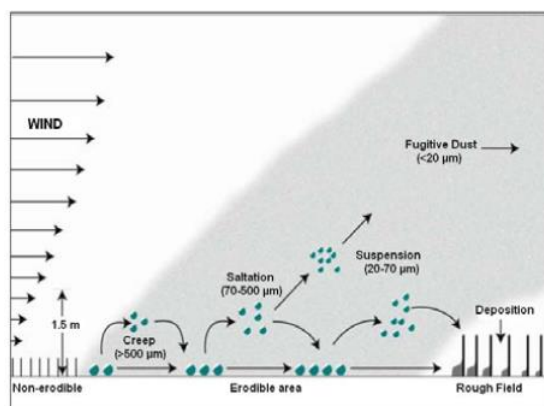
ذرات معلق از مرگبارترین انواع آلودگی هوا محسوب می‌شوند. به ویژه ذرات کوچکتر که کمتر از ۱۰ میکرومتر قطر دارند، خطرناکتر هستند چرا که به ریه‌ها نفوذ کرده و برخی از آنها حتی وارد جریان خون می‌شوند و می‌توانند به حمله قلبی، کاهش عملکرد ریه، ضریان نامنظم قلب، تشدید آسم و مرگ ناگهانی در بیماران قلبی و تنفسی منجر شوند. این ذرات از طریق باد مسافت‌های طولانی را طی کرده و موجب آلودگی خاک و آب اسیدی شدن آب دریاچه‌ها و رودها شده و تعادل غذایی در محیط‌های آبی را بر هم می‌زنند. باعث تهی شدن خاک از منابع غذایی شده و به جنگل‌ها و محصولات کشاورزی آسیب می‌رسانند و حتی سنگ‌ها و بناها نیز بر اثر آلودگی ذرات معلق آسیب می‌بینند. همچنین ذرات معلق ریزتر از ۲٫۵ میکرومتر از مهمترین عوامل تاری هوا و کاهش دید محسوب می‌شوند.

ذرات معلق گرد و غبار از منشاهای مختلف شامل جاده‌های بدون آسفالت، محل‌های ساخت و ساز یا تخریب سازه‌ها، محل انباشت نخاله‌ها، فرسایش توسط باد و کشاورزی با ابعاد مختلف تا PM10 (قطر معادل آیرودینامیکی کمتر یا مساوی ۱۰ میکرومتر) در بسیاری از مناطق شهری و غیرشهری به وجود می‌آیند. سایر منابع تولید ریزگردها مثل دود وسایل نقلیه، سوختن گیاهان و آلاینده‌های صنعتی می‌باشند. (Singer و همکاران، ۲۰۰۳)

مکانیزم فرسایش بادی

مدل Fung و Tegen (۱۹۹۴) نشان می‌دهد که انتشار گرد و غبار جهانی شامل ۱۳٪ ذرات با ابعاد ۰٫۵ تا ۱ میکرون، ۶۵٪ با ابعاد بین ۱ تا ۳۵ میکرون و ۲۲٪ با ابعاد ۳۵ تا ۵۰ میکرون می‌باشند. ریزگردهای معلق در هوا از خاک‌های حاوی ذرات با ابعاد در حد رس (با قطر ذرات کمتر از ۲٫۵ میکرون) و سیلت (با قطر ذرات بین ۲٫۵ تا ۶۰ میکرون بلند می‌شوند. با این حال این ذرات به طور مستقیم توسط باد بلند نمی‌شوند چرا که نیروهای چسبندگی (مثل کاپیلاری و الکتروستاتیک) این ذرات را بهم چسبانده‌اند. ذرات گرد و غبار عمدتاً در حین سنبلاست و شن پاشی به هوا پخش می‌شوند.

جهش ذرات در ابعاد ماسه (ذرات بزرگتر از ۶۰ میکرون) در جهت افقی با یک آشفتگی در مجاورت سطح خاک رخ می‌دهد. حجم جابجایی ذرات به این طریق بین ۵۰ تا ۸۰٪ می‌باشد. عمده ذرات در فاصله کمتر از ۱٫۲ متر به هوا بلند می‌شوند. نوع دیگر جابجایی شناخته شده به عنوان خزش سطحی بیشتر ذرات درشت‌تر خاک (بزرگتر از ۰٫۵ میلی‌متر) را تحت تاثیر قرار می‌دهد. خزش سطحی ۷ تا ۲۵٪ جابجایی را شامل می‌شود. (Watson و همکاران، ۲۰۰۰)



شکل ۱. نمایش خزش، شن پاشی و معلق شدن ذرات خاک در حین فرسایش بادی

عوامل تاثیرگذار بر فرسایش بادی

عوامل متعددی بر نرخ فرسایش خاک توسط باد اثرگذار هستند که از جمله آن‌ها به موارد زیر می‌توان اشاره نمود (Chow و همکاران، ۱۹۹۴):

- بافت خاک: ماسه لومی با ذرات بین ۱۰ تا ۱۰۰ میلی متر بیشترین فرسودگی در برابر باد را دارد. بیشتر خاک‌های رسی دارای چسبندگی و ساختار بهتری بوده و در نتیجه مقاومت بیشتری دارند. ماسه درشت و شن یا خاک‌های درشت‌دانه نیز دارای مقاومت بیشتری هستند و همچنین ذرات سنگین‌تر از آن هستند که به راحتی جابجا شوند.
- ساختار خاک: هرچه خاک دارای ساختار سست‌تری باشد (خاک آلی، آلومینیوم و آهن، آهک)، تردتر بوده و همچنین وجود سدیم یا نمک باعث ایجاد لایه‌ای ضعیف در برابر فرسایش بادی می‌گردد.
- وضعیت سطح خاک: اگر سطح خاک سنگی و شکل روکش دار داشته باشد ریسک فرسایش توسط باد کمتر می‌شود.
- گیاهان: کاه‌بن و باقیمانده محصولات زراعی در خاک منجر به کاهش فرسایش می‌گردد.
- رطوبت خاک: رطوبت، چسبندگی ماسه و لوم را افزایش می‌دهد و به صورت موقتی باعث کاهش فرسایش بادی می‌گردد.
- تعداد دفعات بهم ریختن خاک: دفعات مکرر بهم ریختن سطح خاک باعث شکستن سطح سخت شده و زمین را آماده فرسایش می‌کند.

مکانیزم جریان ریزگردها

Shao در سال ۲۰۰۸ سه روش جابجایی قائم ذرات گرد و غبار را پیشنهاد داد. اولاً ذرات به صورت آیرودینامیکی از سطح بلند می‌شوند با این حال از آن‌جا که برای ذرات بسیار ریز مساله نیروی گرانش و نیروی آیرودینامیکی کم شده و چسبندگی بین ذره‌ای وجود دارد این نوع از جابجایی کمتر رخ می‌دهد. در فرایند جهش، ذرات به سطح برخورد می‌کنند و باعث ضربات موضعی شده و این فرایند آنقدر قوی است که می‌تواند بر نیروهای چسبندگی غلبه کرده و باعث جابجایی ریزگردها شوند. این مکانیزم چندین برابر حرکت آیرودینامیکی رخ می‌دهد.

جدایش نیز زمانی اتفاق می‌افتد که ذرات از سنگدانه‌ها عمدتاً از خاک با درصد رس بالا آزاد می‌شوند. در حین یک فرسایش بادی ضعیف ذرات ماسه پوشیده شده از گرد و غبار به صورت مجزا عمل کرده و ذرات گرد و غبار ممکنست جدا نشوند. در حین یک فرسایش بادی قوی، پوشش گرد و غبار و سنگدانه‌ها از هم جدا شده و این موضوع منجر به افزایش جابجایی ریزگردها می‌شود.

منشاء ریزگردها

Ashbaugh و همکارانش در سال ۲۰۰۳ به نمونه‌گیری از خاک و تحلیل آن‌ها در خصوصیات ریزگردها به منظور شناخت پروفیل خاک منشا گرد و غبار پرداختند. (Ashbaugh و همکاران، ۲۰۰۳)

با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان گفت گوناگونی نمونه‌ها حاکی از آن است که نمی‌توان منشأ ریزگردها را تنها به نوع خاصی از خاک‌ها تخصیص داد. طبق تحقیقات Gomez و همکارانش در سال ۱۹۹۰ نیز بر روی ریز ساختار ریزگردها، کانی‌های اصلی تشکیل دهنده ریزگردها شامل کوارتز، کلسیت و کانی‌های رسی با ابعاد مشابه هستند. با این حال به نظر می‌رسد عمده گرد و خاک ناشی از جاده‌ها از دسته سیلت‌ها می‌باشند. همچنین با استفاده از میکروسکوپ الکترونی به این نتیجه رسیدند که کانی‌های رسی به شکل پلاکت‌هایی هستند که شکننده بوده و به راحتی در فرایند سند بلاست خرد می‌شوند. با توجه به مطالعات Bolander و همکاران، ۱۹۹۷ در فرایند سند بلاست رس‌ها از روی دانه‌های کوارتز حذف شده و دانه‌ها از یکدیگر جدا می‌شوند. تصاویر میکروسکوپ الکترونی نشان می‌دهد که عناصر زیر میکرون ایجاد شده به دلیل سند بلاست ناشی از طوفان‌های شنی بین ۰٫۱ تا ۲۰ میکرون حاوی رس می‌باشد.

با افزایش سرعت باد ذرات درشت‌تر نیز حرکت می‌کنند و حجم ذرات ریزتر جابجا شده نیز افزایش می‌یابد. این موضوع ممکنست به این دلیل باشد که انرژی بیشتر باد موجب سند بلاست بیشتر و جدایش ذرات بزرگتر به ذرات ریزتر می‌شود. شکل‌های زیر توزیع سیلیس، آلومینیوم و کلسیم را به ترتیب از چپ به راست تحت فرسایش ضعیف و شدید نشان می‌دهد. با افزایش شدت فرسایش پیک دوم در حجم کانی‌های فرسایش یافته دیده می‌شود.

عامل اصلی شدت یافتن طوفان‌های شن مخصوصاً گرد و غبار در ایران، گسترش بیابان در بخش‌های شرقی عراق به ویژه منطقه آل جزیره است. همچنین به علت وزش باد گرم از سوی عربستان، دریاچه‌های کوچک خشک شده‌اند. دو نوع خاک رسی و سیلتی (کوارتزی) منشأ ریزگردهای ایران می‌باشند. خاک‌های رسی سبکتر بوده و می‌توانند بیشتر جابجا شوند. از آن‌جا که مقدار رس بالا می‌تواند مواد شیمیایی آلی و غیر آلی را به خود جذب کند، جابجایی رس‌ها از سیلت‌ها خطرناک‌تر است. خاک سیلتی (کوارتز) درشت‌تر بوده و ظرفیت جذب کمتری دارند. (Rashki و همکاران، ۲۰۱۲)

روش‌های کنترل ریزگردها

یکی از روش‌های موقت کاهش گرد و غبار، آب پاشی است. این روش نیاز به تکرار دفعات زیاد و هزینه بالا دارد. چسبنده‌های مایع مثل آهک و پلیمرها می‌توانند در کاهش نرخ خشک شدن خاک و کاهش تعداد دفعات نیاز به رطوبت‌دهی سطح موثر باشند. (Fay و همکاران، ۲۰۰۸)

مهارکننده‌های شیمیایی از سه طریق می‌توانند ریزگردها را کاهش دهند (Bae و همکاران، ۲۰۰۶):

- احاطه و چسباندن ذرات مجاور

- جذب و انباشت رطوبت هوا در سطح خاک

- چسباندن و سمنته کردن خاک با هدف افزایش پلاستیسیته و افزایش وزن ذرات که مانع از جابجایی راحت ذرات شود.

مهارکننده‌های شیمیایی برای کاهش انتشار گرد و غبار ناشی از راه‌های بدون رویه یا شانه خاکی راه‌های آسفالتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. مواد شیمیایی مهارکننده بنا به نوع مواد شیمیایی و مکانیزم مهار به پنج گروه تقسیم می‌شود: سورفکتانت‌ها، نمک‌ها (جاذب رطوبت)، پلیمرها (مثل پلی وینیل اکریلیک، استات و پلیمرهای سنتزی)، رزین‌ها و محصولات قیری (مواد آلی غیر نفتی). اثر مهارکننده‌های شیمیایی بنا به شرایط سطح جاده، کاربرد، شدت و حجم ترافیک، وزن وسیله نقلیه و عوامل زیست‌محیطی مانند بارش و دما متفاوت است. سورفکتانت‌ها می‌توانند کشش سطحی آب را کاهش دهند و بدین طریق آب، سطح بیشتری را خیس کند. نمک‌هایی مثل $MgCl_2$ و $CaCl_2$ اجزای نم‌گیری هستند که تا رطوبت نسبی بیشتر از ۵۰٪ را جذب می‌کنند. از آن‌جا که نمک‌ها محلول در آب هستند با بارندگی دچار آب‌شستگی می‌شوند. بیشتر محصولات به صورت مایع به وسیله کامیون و تانک پخش می‌شوند.

پلیمرها مولکول‌های با زنجیره بلند هستند که به عنوان یک ماده چسبنده ذرات خاک را بهم می‌چسبانند. استفاده از مالچ‌های نفتی در کنترل فرسایش بادی و تثبیت خاک رایج است اما با توجه به اثرات زیست‌محیطی جبران ناپذیر این مواد، در سال‌های اخیر استفاده از مواد پلیمری مصنوعی، به منظور افزایش پایداری و قطر خاکدانه‌ها و تثبیت خاک مورد توجه جدی قرار گرفته است. در واقع مواد پلیمری محلول در آب پس از رقیق شدن در آب، بر روی خاک پاشیده شده و در معرض هوا تشکیل شاخه‌های گسترده پلیمری می‌دهد که در نتیجه می‌تواند با ایجاد پیوند بین ذرات خاک، موجب افزایش مقاومت ذرات در مقابل فرسایش باشد. با این حال انتخاب یک ماده پلیمری به عنوان تثبیت کننده خاک در برابر فرسایش بادی یا آبی امر ساده‌ای نبوده و مسائل مهمی در این خصوص می‌بایستی مورد توجه و بررسی قرار گیرد که از جمله آن می‌توان به تعیین مؤثرترین پلیمر در کنترل فرسایش بادی، بررسی مؤثر بودن آن در کنترل فرسایش آبی، میزان غلظت پاشش، چگونگی افزودن به خاک، اثر کیفیت خاک، دوام در برابر عوامل محیطی (تغییرات دما، اشعه ماوراء بنفش خورشید، مواد شیمیایی محلول در آب و ...) و نیز اثرات زیست محیطی آن اشاره نمود. تحقیقات اولیه انجام گرفته در زمینه فرسایش بادی با استفاده از تونل باد حاکی از آن است که فرآیند فرسایش پذیری خاک، کاملاً بستگی به توزیع اندازه خاکدانه‌های خشک دارد. همچنین برخی از تحقیقات از شاخص مقاومت فشاری خاک به عنوان عامل تأثیر گذار در برابر بادبردگی نام برده اند؛ زیرا مقاومت فشاری تا حدی بیانگر تحکیم در خاک سطحی است. (Amato و همکاران، ۲۰۱۰)

رزین‌ها یا امولسیون‌های نفتی غیرحلال در واقع تشکیل شده از کربن آلی هستند که در آب امولسیفاید یا معلق شده‌اند. وقتی این امولسیون‌ها روی خاک اسپری شوند ذرات خاک بهم می‌چسبند و به سختی یک جسم صلب می‌رسند. محصولات امولسیونی متعددی بر پایه صمغ درختان، نفت یا آسفالت وجود دارند. قیرها نیز مصالح چسبنده‌ای نظیر آسفالت یا روغن جاده هستند که به عنوان ماده چسبنده ذرات را بهم متصل می‌کنند. لیگنین سولفونات یک محصول از درخت است که قابلیت حل در آب را دارد. بیشتر مهارکننده‌ها پس از مدتی نیاز به اجرای مجدد به دفعات بصورت ماهیانه یا هفتگی دارند. Norman و Johnson در سال ۲۰۰۶ با استفاده از کلسیم منیزیم استات موفق به مهار ۳۵ درصدی گرد و غبار در جاده‌ای در سوییس شدند. Gillies و همکارانش در سال ۱۹۹۹ با استفاده از چهار مهارکننده بیوکاتالیست، امولسیون پلیمری، امولسیون نفتی-پلیمری و فراورده بی خطر نفت خام پس از یک هفته PM_{10} را بین ۳۳ تا ۱۰٪ کاهش دادند. بعد از ۸-۱۲ ماه تاثیر مهارکننده از صفر تا ۹۵٪ گزارش شد. در سال‌های اخیر Aldrin و همکارانش در سال ۲۰۰۸ به آزمایش $MgCl_2$ داخل یک جاده درون تونل نروژ با دور ۲۰ تا ۴۰ میلی گرم بر متر مربع پرداختند که نتایج کاهش ۵۶ درصدی PM_{10} و کاهش ۷۰ درصدی $PM_{2.5}$ را نشان داد.

استفاده از پلیمرها برای تثبیت ریزگردها

استفاده از پلی اکریل آمید و بیوپلیمرها

Orts و همکارانش در سال ۲۰۰۷ به بررسی استفاده از پلیمرهای ترکیبی و بیوپلیمرها در تثبیت و کنترل فرسایش خاک در برابر آب و باد پرداختند. از آنجا که حرکت و جابجایی گرد و خاک ناشی از عملیات هوایی یکی از موانع کارایی هلیکوپترها می‌باشد، این موضوع در عملیات نظامی زمانی که محل فرود از پیش آماده نشده باشد، دید را کاهش می‌دهد. ابر گرد و خاک به نوع خاک، نوع هلیکوپتر و سرعت باد بستگی دارد اما این موضوع در خاک‌های ماسه‌ای با درصد ریزدانه بیشتر از ۱۰٪ مساله سازتر است. آزمایش‌های گسترده‌ای در مرکز سپاه زمینی هوایی امریکا واقع در کالیفرنیا انجام شده است. این مکان به دلیل مشابهت خاک بیابان موهاوی به خاک افغانستان، عراق و کویت انتخاب شده است. طبق تحقیقات انجام شده پلی‌اکریل آمید به تنهایی نمی‌تواند برای عملیات هوایی موثر واقع شود. ترکیب PAM موثر طبق اظهارات Roa-Espinoza و Mikel در سال ۲۰۰۴ دارای ذرات ریز ۳۵٪ کوپلیمر آنیونی PAM و اکریلیک اسید با وزن مولکولی بالای ۲۰ میلیون بوده است. هرچه وزن مولکولی بیشتر باشد، تاثیر PAM بیشتر است. PAM با وزن مولکولی بالا با الومینوم کلروهیدرات و کوپلیمر سوپر جاذب اکریلیک اسید و PAM تقاطعی (به نسبت ۱:۱:۶) را Tri-PAM می‌نامند. آن‌ها نشان دادند که محل نشستن هلیکوپتر اصلاح شده با Tri-PAM از نظر وسعت دید بهبود چشمگیری داشته است.

پلیمر پلی وینیل استات برای کنترل فرسایش بادی خاک‌ها

بررسی شاخص فرسایش پذیری خاک با استفاده از دستگاه سنجش فرسایش بادی، نشان داده است که علاوه بر چگونگی پوشش سطحی خاک، عواملی نظیر شوری، نسبت جذبی سدیم، میانگین قطر ذرات و گچ از مهم‌ترین و مؤثرترین عوامل در شاخص فرسایش پذیری خاک هستند. بر طبق نتایج سمائی و همکاران، از پلیمرهای اکریلیک محلول در آب با غلظت مناسب می‌توان به منظور افزایش پایداری خاکدانه‌ها و کاهش فرسایش بادی استفاده نمود.

موحدان و همکاران (۱۳۹۰) در تحقیقی ماده کو-پلیمری با پایه پلی وینیل استات را بر روی سه نوع خاک با بافت متفاوت اعمال کردند. نتایج حاکی از آن بود که افزودن ماده پلیمری پلی وینیل استات به میزان ۲۵ گرم در متر مربع، میزان فرسایش بادی را در نمونه های ماسه بادی به صفر و در خاک با بافت متوسط و سنگین، حداقل ۹۰ درصد کاهش می‌دهد. خاک مورد استفاده از یک نمونه دارای اندازه ذرات ۰٫۱ تا ۰٫۳ میلی‌متر (۸۰٪) و دو نمونه دیگر عمدتاً متشکل از سیلت و حدود ۳۰ و ۱۵٪ رس با حد روانی کمتر از ۵۰ بودند. نمونه‌های تهیه شده پس از ۴۸ ساعت در داخل تونل باد قرار داده شده و تحت آزمایش فرسایش بادی قرار گرفتند. نتایج نشان می‌دهد که بین خاکهای تیمار شده با آب و پلیمر، تفاوت معنی داری از نظر فرسایش بادی وجود دارد. اولاً در بین نمونه‌های تیمار شده با آب، میزان فرسایش ماسه بادی بسیار زیاد است و فرسایش نمونه های متوسط و سنگین تیمار شده با آب، بسیار کمتر بوده و به هم نزدیک است. همچنین میزان فرسایش بادی نمونه های تیمار شده با پلیمر بسیار کمتر از نمونه های تیمار شده با آب است. این تفاوت در ماسه بادی حداکثر است به نحوی که ماسه بادی تیمار شده با ماده پلیمری در شرایط آزمایشگاهی مورد مطالعه، فرسایشی ندارد. به طوری که میزان فرسایش تیمارهای پلیمری نسبت به شاهد در انواع خاک ها حداقل ۹۰ درصد کاهش یافته است.

از انواع دیگر مالچها می‌توان به مالچهایی با ترکیبات رس اشاره نمود. دیوف و همکاران (۱۹۹۰) برای پایداری خاکهای فرسوده، جلوگیری از حرکت تپه های شنی و کاهش فرسایش بادی از رس استفاده نمودند. در تحقیق آنها مقداری رس کائولینت و بنتونیت به خاک شنی اضافه شد. نتایج بیانگر کاهش فرسایش بوده که این کاهش با استفاده از رس بنتونیت چشمگیرتر نشان داده شده است. مجدی و همکاران (۱۳۸۵) در تحقیقی دریافتند که مالچ های رسی در برابر جریان باد مقاوم هستند ولی زمانی که تحت تاثیر بمباران ذرات موجود در جریان باد قرار گیرند، فرسایش می‌یابند. حکیمی بافقی و افضلی (۱۳۹۰) مالچ هایی متشکل از خاک با درصد رس بالا، لجن کنورتور و پودر سنگ را مورد ارزیابی قرار دادند و بهترین نتیجه در مخلوط ۹۰٪ رس، ۵٪ لجن و ۵٪ پودر سنگ حاصل شد. از آنجا که در بسیاری از صنایع مواد دور ریز زیادی تولید می‌شوند که بدون استفاده بوده و خود به آلودگی محیط زیست نیز می‌افزایند، تحقیقات بیشتر بر روی بازیافت و به کار بردن این مواد از جمله استفاده به عنوان مالچ لازم به نظر می‌رسد. کویایی نیا و افضلی با استفاده از دو نوع خاک با فرسایش شدید و متوسط به بررسی مقاومت فشاری برخی مالچها در کنترل ریزگردها در فرسایش بادی با استفاده از نفوذ سنج پرداختند. نتایج حاصل از پاشش آب به روی تیمارها حاکی از آن بود که مالچهای پلیمری که بر روی خاک های با فرسایش متوسط و شدید پاشش شده بودند، پس از پاشش آب شسته نشده یا پس از شسته شدن، مقدار مناسبی از آنها روی خاک باقی مانده بودند و پس از خشک شدن نیز به همان صورت قبل از آب پاشی باقی مانده بودند.

موحدان و همکاران (۱۳۹۰) نیز نشان دادند که مالچهای پلیمری پاشش شده بر روی خاکهای با فرسایش شدید از مقاومت بیشتری نسبت به مالچهای پلیمری پاشش شده بر روی خاکهای با فرسایش متوسط برخوردارند.

نتایج و بحث

ریزگردها یکی از مشکلات جدی ناشی از خشکسالی و تغییرات آب و هوایی است. با توجه به خشکسالی‌های چند ساله اخیر بحران ریزگردها در ایران و خاورمیانه سلامت افراد را به خطر انداخته است. فرسایش خاک به سه روش جهش، شن‌پاشی و خزش سطحی رخ می‌دهد. از روش‌های به روز جلوگیری از فرسایش خاک و کنترل ریزگردها، استفاده از پلیمرهای آب‌پایه است که می‌تواند نقش موثری در کاهش آلودگی‌های زیست محیطی داشته باشد. همچنین تحقیقات انجام شده توسط محققین ایرانی بر تولید مواد موثر از ضایعات ساختمانی و پلیمری تاکید دارد. رشد علم در این حوزه می‌تواند جایگزین مناسبی برای مالچ‌های نفتی بوده و باعث کنترل ریزگردها در مناطق کویری گردد.

منابع و مراجع

- [۱] موحدان، م.، عباسی، ن و کرامتی، م.، ۱۳۹۰. بررسی آزمایشگاهی تاثیر پلیمر پلی وینیل استات بر کنترل فرسایش بادی خاکها. نشریه آب و خاک. ۶۱۶.۳-۶۰۶.
- [2] Amato, F., Querol, X., Johansson, C., Nagl, C., & Alastuey, A. (2010). A review on the effectiveness of street sweeping, washing and dust suppressants as urban PM control methods. *Science of the Total Environment*, 408(16), 3070-3084.
- [3] Ashbaugh, L., Carvacho, O., Brown, M., Chow, J., Watson, J., & Magliano, K. (2003). Soil sample collection and analysis for the Fugitive Dust Characterization Study. *Atmospheric Environment*, 37(9-10), 1163-1173.
- [4] Bae, S., Inyang, H., De Brito Galvão, T., & Mbamalu, G. (2006). Soil desiccation rate integration into empirical dust emission models for polymer suppressant evaluation. *Journal of Hazardous Materials*, 132(1), 111-117.
- [5] Bolander, P. (1997). Chemical Additives for Dust Control What We Have Used and What We Have Learned. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1589, 42-49.
- [6] Chow, J., Watson, J., Houck, J., Pritchett, L., Fred Rogers, C., & Frazier, C. et al. (1994). A laboratory resuspension chamber to measure fugitive dust size distributions and chemical compositions. *Atmospheric Environment*, 28(21), 3463-3481.
- [7] Fay, L., and Kocioleck, A., (2008). Road Dust Management and Future Needs, Conference Proceedings.
- [8] Gillies, J.A., V. Etyemezian, H. Kuhns, D. Nikolich, and DA. Gillette (2005). Effect of vehicle characteristics on unpaved road dust emissions. *Atmospheric Environment* 39: 2341 – 2347.
- [9] Gomes, L., Bergametti, G., Coudé-Gaussen, G., & Rognon, P. (1990). Submicron desert dusts: A sandblasting process. *J. Geophys. Res.*, 95(D9), 13927.
- [10] Orts, W., Roa-Espinosa, A., Sojka, R., Glenn, G., Imam, S., Erlacher, K., & Pedersen, J. (2007). Use of Synthetic Polymers and Biopolymers for Soil Stabilization in Agricultural, Construction, and Military Applications. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 19(1), 58-66.
- [11] Rashki, A., Kaskaoutis, D., Rautenbach, C., Eriksson, P., Qiang, M., & Gupta, P. (2012). Dust storms and their horizontal dust loading in the Sistan region, Iran. *Aeolian Research*, 5, 51-62.
- [12] Shao Y. P. (2008) *Physics and Modelling of Wind Erosion*, 2nd ed. (Heidelberg: Springer)
- [13] Singer, A., Zobeck, T., Poberezsky, L., & Argaman, E. (2003). The PM10 and PM2.5 dust generation potential of soils/sediments in the Southern Aral Sea Basin, Uzbekistan. *Journal of Arid Environments*, 54(4), 705-728.
- [14] Tegen, I.; Fung, I. (1994) Modeling of mineral dust in the atmosphere: Sources, transport, and surface modification. *J. Geophys. Res.*, 99, 22897–22914.
- [15] Watson, J.G, Chow, J.C., and Pace, T.G., 2000. Fugitive dust emission, Air and waste management, 117-135.