

بادی متحمل می‌گردد امروزه پیشنهاد می‌شود که ضمن بکارگیری از خاک‌پوش نفتی در موارد بسیار ضروری، تحقیق و ترویج استفاده از خاک‌پوش‌های زیست تخریب پذیر که با عناوین مختلف به کار برده شده، استفاده شود تا در آینده ضمن افزایش خواص مقاومتی و کیفیت این خاک‌پوش‌های زیست سازگار، هزینه‌های تولید آن نیز تا حد قابل قبول کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: فرسایش بادی، فرسایش‌پذیری، ماسه‌های روان، تثبیت، خاک‌پوش.

#### مقدمه

پدیده فرسایش بادی و حرکت ماسه‌های روان در بسیاری از مناطق بیابانی مشکلات متعددی را برای ساکنین این سرزمین بوجود آورده است و تبعاتی مثل ریزگرد را در پی داشته است و بین ۵۰۰ تا ۵۰۰۰ مگا تن گرد و خاک تولید می‌نماید [۲۱، ۶۲ و ۷۱]. مناطق خشک و نیمه خشک قلمروی اصلی فرسایش بادی در سرتاسر جهان به شمار می‌روند [۲۰]. در ایران حدود ۹۰ درصد مساحت کل کشور خشک یا نیمه خشک محسوب می‌شود [۵۶]. در این مناطق، خاک‌های دارای مواد آلی بسیار کم و بدون ساختمان یا با ساختمان ضعیف فراوان به چشم می‌خورد [۱۸]. بنابراین، خاک‌ها در این مناطق طی دوره وزش باد مستعد فرسایش بادی هستند. فرسایش بادی منجر به تخریب ساختمان خاک و انحطاط پتانسیل تولید زمین و خطرات سلامتی [۸۰] می‌شود. اهمیت این موضوع تا جایی است که فرسایش به عنوان یکی از فرایندهای تخریب و زوال خاک‌های اروپا به شمار می‌آید [۱۴]. فرسایش بادی و انتشار گرد و غبار دو فرآیند کلیدی مرتبط با تغییرات پوشش اراضی است. که تاکنون به درستی مورد مطالعه قرار نگرفته‌اند [۴۰]. از طرفی فرسایش بادی خود یکی از عوامل مهم تولید گردوغبار در اندازه‌های کوچکتر از ۲ و ۱۰ میکرومتر می‌باشد [۳۹].

فرسایش بادی و هجوم ماسه‌های روان یک شاخص جدی در وقوع پدیده بیابان‌زایی و یک تهدید جدی برای مناطق خشک به شمار می‌آید. هجوم ماسه‌های روان باعث آسیب‌های زیاد به شهرها و آبادی‌ها، جاده‌ها، راه‌ها و همچنین از بین رفتن حاصلخیزی خاک می‌شود [۶۱]. به همین دلیل روش‌های تثبیت ماسه‌های روان بسیار متنوع بوده ولی اصولاً اغلب آن‌ها بر پایه کاهش سرعت باد و ایجاد پوشش گیاهی استوار شده‌اند. یکی از روش‌های معمول برای کنترل

## مروری بر مکانیسم اثر تثبیت‌کنندگی انواع خاک‌پوش‌ها بر حرکت ماسه‌های روان

مریم ممبنی<sup>۱\*</sup>، حمیدرضا عسگری<sup>۲</sup>، علی محمدیان بهبهانی<sup>۲</sup> و حسین یوسفی<sup>۲</sup>  
تاریخ دریافت: ۹۷/۰۲/۰۱ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۶/۲۴

#### چکیده

پدیده فرسایش بادی به عنوان یکی از اصلی‌ترین فرآیندهای زوال سرزمین در مناطق خشک و نیمه خشک به شمار می‌آید. انتشار گرد و غبار و حرکت ماسه‌های روان توسط نیروی باد به عنوان یکی از علل اصلی فرآیند بیابان‌زایی شناخته شده است که در نتیجه آن تبدیل مناطق کشاورزی به زمین‌های بایر و ایجاد پوشش ماسه بر روی آن‌ها است. تپه‌های ماسه‌ای، به علت رطوبت ناکافی و همچنین عدم پوشش مناسب گیاهی، دارای چسبندگی کمی بوده و مستعد فرسایش بادی می‌باشند بنابراین تثبیت و جلوگیری از پیشرفت آن‌ها ضروری است. یکی از شیوه‌های متداول کنترل ماسه‌های روان استفاده از خاک‌پوش بر سطح پهنه‌های ماسه‌ای است که خاک‌پوش‌ها به دو گروه نفتی و غیرنفتی تقسیم می‌شوند. اخیراً توجه به بحث تخریب محیط به وسیله خاک‌پوش نفتی همچنین هزینه‌های زیاد استفاده از این نوع خاک‌پوش‌ها، باعث فعال شدن مراکز علمی و پژوهشی کشور در زمینه تحقیق بر روی تغییر در نوع و شیوه‌های استفاده از خاک‌پوش گردیده است. در تحقیق حاضر به معرفی انواع خاک‌پوش از دیدگاه مکانیسم عملکرد آن‌ها در تثبیت ماسه‌های روان و شناخت معایب و مزایای استفاده از خاک‌پوش‌ها پرداخته شده است. نتایج این بررسی نشان می‌دهد، اگرچه استفاده سنتی از خاک‌پوش نفتی در طی سال‌ها به عنوان یک اقدام ضربتی مورد توجه بخش اجرای تثبیت ماسه‌های روان بوده است به دلیل معایب و مشکلات فراوان آن از جمله هزینه‌های زیاد استفاده از این نوع خاک‌پوش و لزوم به کارگیری ماشین آلات سنگین در عملیات میدانی، مشکلات زیست محیطی و بهداشتی کار با این نوع خاک‌پوش و در نهایت خسارت‌های هنگفتی که هرساله منابع اقتصادی ما از فرسایش

۱- دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی، گروه مدیریت بیابان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، نویسنده مسئول، Email: maryam.mombeni@yahoo.com

۲- هیئت علمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

حرکت ماسه‌های روان، استفاده از خاک‌پوش بر سطح آن‌ها است. در واقع خاک‌پوش به مواد طبیعی و مصنوعی اطلاق می‌شود که بتوانند پوشش محافظتی را در سطح زمین ایجاد نموده و سطح خاک را از تاثیر عوامل مختلف مثل باد و باران محافظت نماید. برنامه تثبیت ماسه‌های روان به منظور احیاء بیابان بوسیله مواد نفتی در سال ۱۸۹۰ در مسیر راه آهن آسیایی روسیه انجام شد و در همین سال مؤسسه آگروفیزیک پترزبورگ (لنینگراد)، آزمایشی برای تثبیت ماسه‌های روان با استفاده از قیر در رپتک (Reptec) در بیابان قره قوم انجام داد. با این حال اولین گزارش‌های پژوهشی راجع به نتایج کاربردی پوشش‌های نفتی در سطح خاک از سال ۱۹۳۵ در مجلات علمی اروپا و از سال ۱۹۴۱ در منابع آمریکایی ظاهر شد. بعد از جنگ جهانی دوم برنامه‌های اجرایی تثبیت خاک و ماسه‌های روان بوسیله خاک‌پوشهای نفتی انجام شد و نتایج عینی نشان داد که با استفاده از فرآورده‌های نفتی می‌توان نسبت به تثبیت پهنه‌های ماسه‌ای و تپه‌های ماسه‌ای متحرک اقدام نمود. به دنبال دستیابی به این نتایج، استفاده از خاک‌پوشهای نفتی و اقدامات گسترده‌ای در جهت انجام عملیات استفاده از خاک‌پوش با مواد نفتی در کشورهای چون شوروی سابق، الجزایر، تونس، امارات، مراکش، لیبی و استرالیا صورت گرفت که نتایج رضایت بخشی را در پی داشته است. اولین فعالیت استفاده از خاک‌پوش در ایران در مناطق مراوه تپه و فتح آباد بویین زهرا به مساحت ۹۰۰ هکتار و همچنین در البروايه اهواز در سطحی حدود ۱۸۰۰ هکتار صورت گرفت و در این مرحله از کار بخش خاک‌پوشهای نفتی از شرکت ملی نفت منتزع شده، از نظر تشکیلات سازمانی، واحدی از واحدهای وزارت منابع طبیعی گردید. میزان عملکرد پروژه استفاده از خاک‌پوش از ابتدا تا آغاز سال ۱۳۸۲ معادل ۲۱۴۴۴۷ هکتار می‌باشد [۳۰]. بدیهی است نقص

این مواد، یعنی عمر کم آن‌ها با اجرای یک طرح تلفیقی کاشت بذر و نهال همراه با استفاده از خاک‌پوش جبران شده و تا زمان ازبین رفتن خاصیت لایه خاک‌پوش فرصت مناسبی وجود داشته، تا در صورت وجود شرایط اقلیمی و محیطی مناسب، نهال‌ها و بذرهای کاشته شده در منطق ای که خاک‌پوش پاشیده شد رشد نموده و عملاً با ایجاد پوشش محافظی، هدف تثبیت دائمی ماسه‌های روان را برآورده سازد. در روش تثبیت بیولوژیکی، در واقع پوشش گیاهی، نقش مهمی در کاهش و کنترل شدت فرسایش دارد به شرطی که گیاه تا مرحله استقرار به خصوص در خاک‌های ماسه‌ای فاقد خاکدانه و ساختمان مناسب حفظ شود. بنابراین، تلفیق روش‌های تثبیت مکانیکی و شیمیایی با تثبیت بیولوژیکی ضروری است [۴۴].

هدف از استفاده از خاک‌پوش در مناطق تحت تاثیر باد، قرار دادن یک لایه روی سطح به منظور جلوگیری از حرکت ذرات و بالابردن سرعت آستانه حرکت ذرات و کاهش اثر فرساینده‌گی باد است و برای افرادی که با آن سرو کار دارند مضر نباشد، اثر سوء روی محصولات کشاورزی نداشته و مواد غذایی خاک را کاهش ندهد (۷۳: ۴۹). در طول نیم قرن گذشته، به منظور یافتن مواد و روش مناسب کنترل یا کاهش حرکت ماسه‌ها تثبیت کننده‌های گوناگونی مورد ارزیابی قرار گرفته است [۸۳: ۷۷، ۲۳: ۶۵ و ۷۴: ۸۰، ۷۶: ۴۲] که هر کدام اثر متفاوتی در تثبیت ماسه‌های روان داشته است از جمله افزایش چسبندگی ذرات ماسه، افزایش مقاومت برشی و افزایش نفوذ پذیری نسبت به آب و هوا و ... (جدول ۱). با این وجود، به دلیل گسترش زیاد کانون‌های بحران فرسایش بادی و حرکت ماسه‌های روان این فعالیت‌ها پاسخگوی نیازها و برنامه‌ریزی‌های بنیادی جهت مهار و کنترل فرسایش بادی در کشور نبوده است.

جدول ۱- تحقیقات مختلف صورت گرفته در زمینه استفاده از خاک‌پوش

منبع	نوع خاک‌پوش	اثر خاک‌پوش و نتیجه
همکاران، [۴۹]	مخلوط میکرو سیلیکا با آهک و رس	نتایج نشان داد که استفاده از میکرو سیلیکا در مخلوط خاک رس- آهک به طور معنی داری باعث افزایش مقاومت به نفوذ، مقاومت برشی خاک و سرعت آستانه شد. بطوری که افزایش در پارامترهای اندازه‌گیری بستگی به میزان میکروسیلیکا اعمال شده دارد. استفاده از ۲۰۰ گرم رس، ۱۰ گرم آهک و ۲۰ گرم میکرو سیلیس بعد از ۶۰ روز بهترین ترکیب برای بهبود مقاومت خاک‌پوش منطقه مورد مطالعه بود.
همکاران، [۸۱]	خاک‌پوش معدنی (پلاستیک) و ارگانیک (پوست کاج، بقایای هیزم، ژئوتکستال و کاه گندم)	خاک‌پوش برای کنترل تبخیر خاک در سیستم های آبیاری با فرکانس پایین کاهش می‌یابد. در مرحله محدودیت انرژی، تمام خاک‌پوش زطر ها باعث کاهش تبخیر خاک نسبت به خاک لخت شدند. بنابراین، این مواد برای کنترل تبخیر خاک سیستم‌های آبیاری فرکانس بالا جایی که رطوبت خاک سطحی باقی می ماند پیشنهاد می‌شود.
همکاران، [۵۷]	خاک پوش گراول- ماسه ای	این نوع خاک‌پوش ممکن است سبب نگهداشت رطوبت شود اما در طولانی مدت باعث کاهش نیتروژن و کرن آلی خاک می‌شود. در نتیجه پیشنهاد شده است که همراه با کود یا کود کمپوست استفاده شود. نانو ذرات رس باعث کاهش فرسایش، تثبیت و افزایش تجمع خاک می‌شود.
همکاران، [۵۴]: هانفی و همکاران، [۲۴]	خاک‌پوش نانو رس	
همکاران، [۲۴]	خاک‌پوش برگ (کاج سوزنی، صنوبر، بلوط نقره‌ای و برگ درخت)	در همه پلات‌های که از خاک‌پوش استفاده شده میزان کربن ارگانیک (OC)، نیتروژن موجود (N)، فسفر (P) و پتاسیم (K)، جمعیت باکتری و قارچ در مقایسه با پلات‌های بدون خاک‌پوش است. خاک‌پوش برگ باعث افزایش بیوماس میکروبی نسبت به خاک های غیر خاک‌پوشی گردید احتمالاً به دلیل بهبود کربن و دسترسی به آب برای میکروب‌های خاک است

کومار و همکاران، [۳۴]	خاک پوش برگ (کاج سوزنی، صنوبر، بلوط نقره‌ای و برگ درخت)	در همه پلات های که از خاک پوش استفاده شده میزان کربن ارگانیک (OC)، نیتروژن موجود (N)، فسفر (P) و پتاسیم (K)، جمعیت باکتری و قارچ در مقایسه با پلات های بدون خاک پوش است. خاک پوش برگ باعث افزایش بیوماس میکروبی نسبت به خاک های غیر خاک پوشی گردید احتمالاً به دلیل بهبود کربن و دسترسی به آب برای میکروب های خاک است
گوا، [۲۱]، آتر، [۱۱]	خاک پوش بیوپلیمر و سیمان	قدرت حداکثر استحکام نمونه های پلیمری اصلاح شده حدود ۱/۵ تا ۲ برابر بیشتر از نمونه های اصلاح نشده است. نتایج بهبود یافته پلیمر G54 نسبت به سیمان، نشان دهنده توان بالقوه پلیمرهای زیستی به عنوان یک جایگزین برای تثبیت کننده های سنتی است.
یانگ و تانگ، [۷۶]	خاک پوش خاکستر (۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد خاک) و پلی آکریل امید (۰/۵ و ۰/۱)	نتایج نشان داد که استفاده از خاکستر باعث افزایش سرعت آستانه شده و با اضافه شدن PAM نیز افزایش پیدا کرده است. توصیه می شود جهت حفاظت از فرسایش خاک و توجیح اقتصادی از ترکیب ۲۰٪ خاک پوش خاکستر و ۰/۵ PAM استفاده شود.
شولگا و بیکرز، [۶۹]	تثبیت کننده ای بر پایه لیگنین	نتایج به دست آمده نشان داده است که اتصال دهنده توسعه یافته بر پایه لیگن سولفونات ها، قادر به جمع آوری خاک های غیر ساختاری و چسباندن سطح آن با تشکیل لایه های تقویت شده می باشد.
ارشد پرویز و همکاران، [۱۰]	خاک پوش کاه و کلش گندم	نتایج نشان داد که سلامت فیزیکی خاک و کیفیت محصول با خاک پوش کاه گندم در کنار خاکورزی عمیق بهبود می یابد.
ریچرز و همکاران، [۶۴]	خاک پوش تراشه های چوب، گلوله های کاه و کلش نی و کاه و کلش برنج	تیمارهای تراشه و گلوله ها باعث کاهش ۸۰-۱۰۰ درصدی بازده رسوب در طی دو دوره بارندگی تابستانی شدند اما در دوره سوم به دلیل تداوم چند روزه طوفان این کاهش به ۴۲-۸۱ درصد کاهش یافت. اثرات درمانی تراشه به دلیل نقص جزئی حصار رسوب نمی تواند بررسی شود.
وردو و مس، [۷۳]	کاه برنج، پوسته بادام و ژئوتکتایل سیاه	نتایج نشان داد که ژئوتکتایل سیاه و پوسته بادام، حضور علف های هرز را به همان نسبت و یا بهتر از گلای فسفات (علف کش) در طی سال اول پس از معرفی آن ها کنترل می کند. خاک پوش کردن یک استراتژی کنترل علف های هرز است که مزایای دیگری نیز در زمینه کشاورزی پایدار فراهم می کند، مانند حفاظت از خاک و جلوگیری از آلودگی علف کش.
هان و همکاران، [۲۳]	امولسیون الکل پلی وینیل، امولسیون پلی وینیل استات، مخلوط آب شیشه و کلرید کلسیم و مخلوط آب شیشه و اوره	نتایج نشان داد که تمام تثبیت کننده ها دارای نفوذ خوب، قدرت فشرده گی و کششی خوب بوده، بنابراین می توانند برای کنترل خسارات وارده به بزرگراه ها ناشی از ماسه های صحرائی تا کلا ماکان مناسب باشند.
الخانباشی و عبدالله، [۸]	استیلن اکریلیک، کوپلیمر و وینیل اکریلیک	نتایج میکروسکوپ الکترونی نشان داد که کاهش نفوذ پذیری و خواص مکانیکی بهبود یافته و می تواند باعث سه تغییر ساختاری زیر شود: توسعه روابط متقابل بین ذرات، توسعه چسبندگی بین ذرات ماسه و ذرات مجاور و پوشش ذرات سطح ماسه با یک لایه نازک از فیلم پلیمر
روی، [۶۷]، باشا و همکاران، [۱۳]	خاکستر برنج و سیمان	نتایج نشان داد که افزایش در محتوای RHA (خاکستر پوسته برنج) و OMC (محتوای رطوبت مناسب) اتفاق افتاد اما در MDD (حداکثر وزن مخصوص خشک) کاهش صورت گرفت. مقدار CBR (نسبت بردباری کالیفرنیا) و UCS خاک با محتوای RHA بهبود یافت. مشاهدات نشان داد که حداکثر بهبود در استحکام محتوای ۱۰٪ (۱۰-۱۵) RHA با ۶٪ سیمان (۶-۸) است. کاهش انعطاف پذیری خاک
زمردیان و سلیمانی، [۸۰]	نانو سیلیس بر فرسایش بادی	نتایج نشان می دهد که تراکم نمونه ها در درصد رطوبت بهینه سبب می شود خاک بیشترین مقاومت در برابر فرسایش را از خود نشان دهد. نتایج تصویر میکروسکوپی (SEM) نشان می دهد که با افزودن ذرات نانو سیلیس به خاک خشک، ساختار خاک متراکم تر می شود، که این امر موجب کاهش فرسایش پذیری می گردد.
روحی پور و همکاران، [۶۶]	خاک پوش پایه اکریلیکی ۱ و ۲، فارس، پایا خاک، پلی اکریل امید، Gloun240.DC400. شاهد	نتایج نشان داد که خاک پوش پایا و خاک پوش هایی با پایه اکریلیکی در طبقه بندی پلاستیسیته متوسط و سایر خاک پوش ها در طبقه بندی کم یا فاقد انعطاف پذیری بودند.
نامدار خجسته و همکاران، [۵۰]	پلیمرهای زیستی	افزایش مقاومت فشاری و پایداری خاکدانه ها در کنترل گرد و غبار، نتایج میکروسکوپ الکترونی = خاک پوش زیستی قسمتی در سطح و قسمتی در بین ذرات قرار می گیرد و باعث ایجاد پیوند قوی در نتیجه افزایش مقاومت فشاری و مقاومت در برابر فرسایش باد می شود
ملکی کاکلر و همکاران، [۴۴]	رسوب میکروبی کربنات	کاهش معنی داری در مقدار فرسایش خاک، افزایش مقاومت فروری لایه های سطحی، شار تلفات خاک در سرعت های بالاتر بسیار چشم گیر بوده و آنالیز XRD و SEM رسوب کربنات کلسیم را به شکل کریستال های واتریت نشان داد که سبب اتصال ذرات و افزایش مقاومت در مقابل تنش برشی باد می شود.
کوپایی نیا و افضلی، [۳۵]	ترکیبات متفاوت از خاک پوش پلیمری و خاک پوش های مخلوط ماسه، پودر سنگ، لجن کنورتور و خاک منطقه با دانه بندی و درصد رس بالا، دو نو خاک بستر شامل خاک با فرسایش متوسط و شدید	بیشترین تحمل و مقاومت فشاری مربوط به تیمارهای خاک پوش پلیمری بوده که با خاک با فرسایش شدید بستر سازی شده و تحت تاثیر دماهای ۵۰ و ۶۰ درجه سانتی گراد قرار گرفته بودند. همچنین نتایج حاصل از پاشیدن آب به روی تیمارها نشان داد کته خاک پوش های پلیمری در برابر شستشو از مقاومت بیشتری برخوردار بودند.

نتایج نشان داد که خاک پوش Nanoclay PAM از یک سو با تشکیل خاکدانه‌های پایدار و درشت از ماسه بادی در سطح خاک و تشکیل یک لایه نفوذناپذیر و با مقاومت برشی بالا در سطح از سوی دیگر، سبب به صفر رسیدن میزان فرسایش بادی شد.	خاک پوش Nanoclay PAM	رجب پور کمال آبادی و همکاران، [۵۹]
کرت بدون پوشش بیشترین میزان تبخیر و تعرق را داشت و پس از آن به ترتیب چمن، خاک پوش چوبی به ضخامت ۵ سانتی متر، خاک پوش لاستیکی به ضخامت ۵ سانتی متر، خاک پوش لاستیکی به ضخامت ۲/۵ سانتی متر و خاک پوش سنگی به ضخامت ۲/۵ سانتی متر چوبی به ضخامت ۲/۵ سانتی متر و خاک پوش سنگی به ضخامت ۵ سانتی متر، بیشترین میزان تبخیر و تعرق را داشتند.	خاک پوشهای چوبی، سنگی و تراشه ای و لاستیکی	عابدی کوپانی و همکاران، [۱]
ایجاد یک لایه حفاظتی موقت بر روی تپه های ماسه‌ای، بالا رفتن ضریب حرارتی خاک، با وجود باران مناسب آب در خاک نفوذ نمی‌کند و بیهوده تبخیر می‌شود، ادامه فرسایش در مناطق با لایه نازک خاک پوش افزایش مقاومت سله های ایجاد شده در سطح خاک، کاهش ۳۰٪ هزینه های اجرایی خاک پوش سیمانی نسبت به خاک پوش نفتی	خاک پوش نفتی	پرویز کردوانی و همکاران، [۳۰]
با افزایش مقاومت رس، شاخص های مقاومت فشاری، مقاومت به ضربه و سایش افزایش می‌یابد.	خاک پوش سیمانی (سیمان و آهک و ماسه بادی) خاک پوش رسی - آهکی	زارع ارنازی و همکاران، [۷۹] حضرینی و زارع ارنازی، [۲۵]
خاک پوش موجب افزایش ضرایب جذب و انتقال آب در خاک شد و با گذر زمان میزان آن‌ها دارای روند کاهشی است. میزان کاهش ضریب انتقال با گذر زمان در تیمار سوپر جاذب نسبت به بقیه تیمارها کمتر گردید (ضرائب معادله نفوذ فیلپ).	خاک پوش کاه و کلش گندم، کاه و کلش ذرت، برگ درخت، خاک اره و سوپر جاذب	احمدی مقدم، [۶]
باعث افزایش زبری شده در نتیجه باعث کنترل فرسایش می‌شود. استفاده از خاک پوش سرپاره با تراکم ۵۰٪، دانه بندی ۳۰-۴۵ میلی متر به صورت یک لایه جهت کنترل فرسایش بادی پیشنهاد گردید.	خاک پوش سرپاره فولاد سازی	باباخانی و کریم زاده، [۱۲]؛ صفائی قهنویه و همکاران، [۶۸]
نوع پوشش بر سه عامل حجم آب مصرف شده، عملکرد و کارایی مصرف آب اثر معنی داری بگذارد. بالاترین عملکرد و کارایی مصرف آب مربوط به خاک پوش پلاستیکی سفید رنگ بوده است. و بیشترین کاهش مصرف آب مربوط به خاک پوش پلاستیکی سیاه بوده است.	خاک پوش پلاستیکی (سیاه رنگ و سفید و شاهد)	افشار و همکاران، [۴]
کاربرد خاک پوش تاثیر معنی داری در سطح احتمال آماری ۵ درصد بر عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه، ارتفاع بوته، ارتفاع بلال از سطح زمین، قطر ساقه و شاخص برداشت داشته است.	خاک پوش	کیانی و همکاران، [۳۲]
خاک پوش پلی اتیلن و کلش باعث افزایش میزان عملکرد دانه آفتابگردان شد. در نهایت خاک پوش کلشی به دلیل اثر سوء زیست محیطی برای اراضی کشاورزی توصیه گردید.	خاک پوش های پلی اتیلن و آلی	مهدی پور افرا و همکاران، [۴۵]
نتایج نشان داد که نسبت تغییر شاخص‌ها از ابتدای دوره مطالعاتی تا پایان دوره در قسمتی که خاک پوش استفاده نشده به طور دائم در حال نوسان است، ولی در طول این دوره در منطقه‌ای که از خاک پوش استفاده شده عدد شاخص‌ها بر روی صفر (عدد مبنا) باقی ماند و تغییری در عدد شاخص‌ها مشاهده نگردید.	خاک پوش پلیمر پلی لاتیس	نوحه گر و همکاران، [۵۲]
کاهش زیست توده کل علف‌های هرز و افزایش عملکرد ریشه و قند ریشه، بیشترین مقدار چغندر تولیدی سه هفته بعد از کاشت، کمترین میزان سبز شدن = پلی لاتیس - شن	خاک پوش گیاهان پوششی باریک برگ	فدایی و همکاران، [۱۷]
بیشینه سبز شدن = خاک پوش نفتی بعد از ۵۰ روز کمینه سبز شدن = پلی لاتیس - شن بیشینه سبز شدن = تیمار شاهد در عملیات صحرائی هیچ یک تفاوت معنی داری با شاهد در استقرار گیاه نداشتند.	محلول پلی لاتیس با آب، پلی لاتیس - شن، شاهد و خاک پوش نفتی	رضایی، [۶۳]

اعلام نموده است که خاک پوش نفتی تولیدی بر پایه ترکیبات سنگین نفت عاری از مواد خطرناک برای سلامتی می‌باشد از این جهت آثار زیانباری در آب و خاک باقی نمی‌گذارد [۲۸].

این فرآورده‌ها موجب کاهش تبخیر می‌گردند و به عنوان پرده عایق در جلوگیری از تغییرات ناگهانی دما و حفظ رطوبت خاک بسیار موثر هستند. خاک پوش‌های نفتی که به منظور تثبیت ماسه‌های روان به کار می‌روند باید دارای ویژگی‌هایی شامل روان روی بالا برای نفوذ به لایه سطحی، برقراری خاصیت چسبندگی بالا بین ذرات، قابلیت نگهداری رطوبت بالا در خاک، ماندگاری زیاد، سهولت مصرف، ارزان بودن و فقدان خطرات محیط زیستی باشند [۱۲]. در عین حال به کرات دیده شده است که در زمان عملیات استفاده از خاک پوش روی گیاهان موجود و یا گیاهان تازه کاشته شده اثرهای منفی باقی می‌گذارد.

## خاک پوش و انواع آن

خاک پوش‌ها به دو دسته کلی خاک پوش‌های نفتی و خاک پوش‌های غیرنفتی تقسیم می‌شوند:

### خاک پوش نفتی

منظور مواد یا فرآورده‌های سنگین نفتی حاصل از پالایشگاه‌ها می‌باشد که بیشتر به منظور جلوگیری از فرسایش خاک و تثبیت ماسه‌های روان مصرف می‌شوند. بعد از جنگ جهانی دوم تثبیت خاک و ماسه‌های روان به وسیله‌ی خاک پوش‌های نفتی مورد آزمایش قرار گرفت و نتایج نشان داد که با استفاده از فرآورده‌های نفتی می‌توان زمین‌های لخت و ماسه‌زارها را تثبیت کرد و به دنبال آن پوشش گیاهی مستقر نمود [۶۱]. بررسی‌های انجام شده در پژوهشگاه صنعت نفت با همکاری دفتر امور بیابان سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور

با این حال اثرات خاکپوش نفتی روی جوانه زنی بذر و استقرار گیاه همواره از جمله محدودیت‌های کاربرد این نوع خاکپوش در تحقیقات مختلف ذکر شده است [۵۴ و ۷۱]. همچنین مشکلات زیادی که در اجرای تثبیت ماسه‌های روان با استفاده از خاکپوش نفتی وجود دارد از جمله هزینه‌های زیاد استفاده از این نوع خاکپوش [۲] و لزوم به کارگیری ماشین‌آلات سنگین در عملیات میدانی، مشکلات محیط زیستی و بهداشتی کار با این نوع خاکپوش و در نهایت خسارت‌های سنگینی که هر ساله منابع اقتصادی ما از فرسایش بادی متحمل می‌گردد از هدررفت منابع حاصلخیزی خاک تا خسارت‌های بزرگی که به منابع زیستی و زیربنایی کشور وارد می‌شود، هر نوع سرمایه‌گذاری را برای یافتن ماده‌ای جایگزین، توجیه‌پذیر می‌کند [۵۴]. مالچ نفتی، چون یک ماده نفتی است ترکیب طبیعی محیط را خراب می‌کند. عملیات استفاده از خاکپوش، کار آسانی نیست و این ماده چون شبیه قیر است، باید در محیط ابتدا گرم شود و سپس روی خاک پاشیده شود، که این خود نیازمند تجهیزات و نیروی انسانی زیادی است. در گذشته هزینه حمل از مبدأ تا منطقه اجرای آن حدود ۳ میلیون تومان برای هر هکتار بود ولی در حال حاضر حدود ۷ تا ۸ میلیون تومان است، که نسبت به پلی لاتیس گرانتر است [۵].

#### خاکپوش‌های غیرنفتی

منظور از خاکپوش‌های غیرنفتی، کلیه مواد یا پوشش‌هایی هستند که به منظور جلوگیری از تبخیر آب، رشد علف‌های هرز و به طور کلی جهت افزایش محصول دهی خاک از آن‌ها استفاده می‌شود. از قبیل خاکپوش‌های آلی (مثل کاه و کلش، برگ‌های درختان، خاک اره، کوراسل، خاکپوش‌های پلیمری، محلول کلرور سدیم و کربنات سدیم یا پتاسیم، کودهای حیوانی و ...) و خاکپوش‌های مصنوعی (پشم شیشه، کاغذ، صفحات فلزی، لایه‌های نازک پلاستیک و ...) و خاکپوش‌های سنگریزه‌ای و رس.

خاکپوش‌ها در اشکال مختلف در دسترس هستند. دو نوع عمده از خاکپوش‌های غیرنفتی شامل خاکپوش‌های معدنی و آلی هستند. خاکپوش معدنی شامل انواع سنگ، سنگ گدازه، لاستیک ساییده، محصول ژئوتکستایل، و مواد دیگر. خاکپوش معدنی تجزیه نمی‌شود و اغلب لازم نیست که دوباره پر شوند. از سوی دیگر، ساختار خاک را بهبود نمی‌بخشند، مواد آلی و یا مواد مغذی اضافه نمی‌کنند. به این دلایل، بسیاری از باغداران ترجیح می‌دهند از خاکپوش‌های آلی استفاده کنند. خاکپوش‌های با پایه آلی شامل تراشه‌های چوب، سوزن کاج، چوب و پوست درخت (چوب نرم)، پوسته کاکائو، برگ، مخلوط کمپوست و انواع دیگری از محصولات که معمولاً از گیاهان مشتق شده است.

#### مکانسیم تثبیت کنندگی خاک پوش‌ها

پلیمرهای محلول در آب بر حسب نوع بار موجود یا عدم وجود بار در زنجیر پلیمر به چهار نوع آنیونی، کاتیونی، دوخصلتی و غیر یونی دسته بندی می‌شوند. هر کدام از این انواع بر حسب نوع بار زنجیر پلیمر

دارای کاربردهای متنوعی هستند در زمینه بیابان‌زدایی، از این پلیمرها به عنوان تثبیت کننده خاک به منظور جلوگیری از فرسایش آن استفاده می‌شود. نحوه برهم‌کنش این پلیمرهای باردار با ذرات خاک با سه ساز و کار جذب، پل زدن و خشتی سازی بار انجام می‌شود [۳۷].

#### پلی وینیل استات (C4H6O2)n

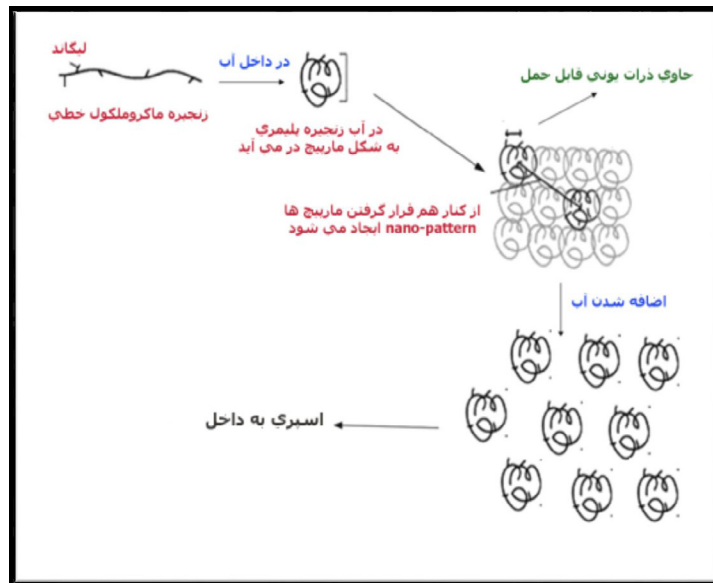
در واقع مواد پلیمری محلول در آب پس از رقیق شدن در آب، بر روی خاک پاشیده شده و در معرض هوا تشکیل شاخه‌های گسترده پلیمری می‌دهد که در نتیجه می‌تواند با ایجاد پیوند بین ذرات خاک، موجب افزایش مقاومت ذرات در مقابل فرسایش باشد. با این حال انتخاب یک ماده پلیمری به عنوان تثبیت کننده خاک در برابر فرسایش بادی 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 [۴۹].

به منظور جلوگیری از لخته شدن زنجیره‌های پلیمری در فاز مایع و ته نشینی آن‌ها، امولسیون پلی وینیل استات را با سیستم کلونیدی، سیستم ترکنده و یا ترکیبی از هر دو محافظت می‌کنند. هرگاه امولسیون پلی وینیل استات به طریق داخلی با افزودن یک منومر، انعطاف‌پذیر گردد، نرم‌کنندگی دائمی شده و غیرقابل جابجایی است. این پلیمر در درازمدت به طور بیولوژیکی کاملاً تجزیه شده و فرمولاسیون آن از نظر سم شناسی دارای سازگارپذیری بسیار خوبی با محیط زیست می‌باشد. هیچ‌گونه اثرات جانبی مضر روی اکوسیستم شامل گیاهان، باکتری‌های موجود در خاک و قارچ‌ها تاکنون به واسطه کاربرد این پلیمر مشاهده نشده است [۴۹].

پلیمر پلی وینیل استات به منظور کاهش فرسایش بادی استفاده می‌شود که نتایج آن‌ها بیانگر کاهش ۹۰ درصدی مقدار فرسایش در خاک‌های با بافت متوسط تا سنگین در اثر کاربرد پلی وینیل استات است، با اینحال اثرات منفی محیط زیستی ترکیب مواد مورد استفاده و همچنین حجم بالای تزریق آن در درازمدت می‌تواند مشکلاتی را در محیط زیست ایجاد کند.

#### خاکپوش رسی-آهکی

خاکپوش رسی-آهکی، به عنوان یک ماده طبیعی به آسانی در دسترس و از نظر اقتصادی با صرفه و سازگار با محیط زیست است. خاکپوش رسی-آهکی از ترکیب رس، آهک و آب تشکیل شده است. نتایج تحقیق مجدی [۴۴] نشان داد که این نوع خاکپوش‌ها در مقابل باد مقاوم هستند ولی زمانی که زیر بمباران ذرات موجود در جریان باد قرار گیرند فرسایش می‌یابند. نتایج این تحقیق نشان داد که تیمار ترکیبی از ۲۵۰ گرم شن، ۲۵۰ گرم خاک رس و ۲۵۰ گرم کاه بهترین تیمارها برای تثبیت ماسه‌ها شناخته شده است. این خاکپوش طبیعی بوده و منابع قرضه آن به وفور قابل دسترس است



شکل (۲): ساختار نحوه کراسلینک شده پلی لاتیس [۵]

شده تشکیل شده است. این ماده بر روی سطح ماسه و خاک پاشیده می شود و به داخل آن نفوذ می کند (شکل ۱). نانوحلقه ها به یکسری ترکیبات پیوند دهنده<sup>۲</sup> (شکل ۲) درون ماسه متصل شده و یک شبکه بیوپلیمری تشکیل می دهند. این شبکه ذرات موجود در ماسه ها را به هم وصل می کند و مانع از حرکت آن ها می شود. در حقیقت ذرات در این شبکه اصطلاحاً به هم دوخته می شوند. میزان مصرف این نوع خاک پوش بستگی به شرایط جغرافیایی، آب و هوا و ترکیب خاک منطقه دارد. اما به طور معمول برای تثبیت هر هکتار ۱۵۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم ماده خشک با حدود ۱۵ تن آب مخلوط می شود تا پس از پاشش، لایه ای به ضخامت ۴ تا ۵ میلی متر از سطح ماسه را خیس کند. هزینه این کار، شامل ماده اولیه و پاشش آن، حدود ۲ میلیون تومان در هر هکتار برآورد می شود.

مطالعات انجام شده در کاشان توسط مؤسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور (۱۳۸۷) نشان داد که استفاده از پلی لاتیس به عنوان خاک پوش غیر نفتی در تلفیق با جنگل کاری گونه تاغ، موفقیت آمیز نبوده و قبل از رشد کامل نهال ها، با شروع فصل گرما، خاک پوش تخریب می گردد. این تحقیق منجر به شناسائی نقایصی از جمله خاصیت انعطاف پذیری بسیار کم و شکنندگی زیاد، مقاومت برشی بسیار کم سطوحی که خاک پوش استفاده شده و حساسیت زیاد پلی لاتیس در مقابل اشعه ماورا بنفش خورشید گردید. هر چند شرکت سازنده بعد از پاشش این خاک پوش در کاشان ضخامت لایه آن را از یک به پنج میلی متر رسانده، مقاومت برشی خاک را از ۰/۸ به ۰/۸ کیلو نیوتن بر متر مربع رسانده و انعطاف پذیری شبکه را افزایش داده است [۵].

#### خاک پوش سنگریزه ای

خاک پوش سنگریزه ای ( قطر ۱۰-۰/۰۵ سانتی متر، شکل ۳) دارای



شکل ۱: تبدیل پلیمر خطی به نانو حلقه های قابل نفوذ در خاک

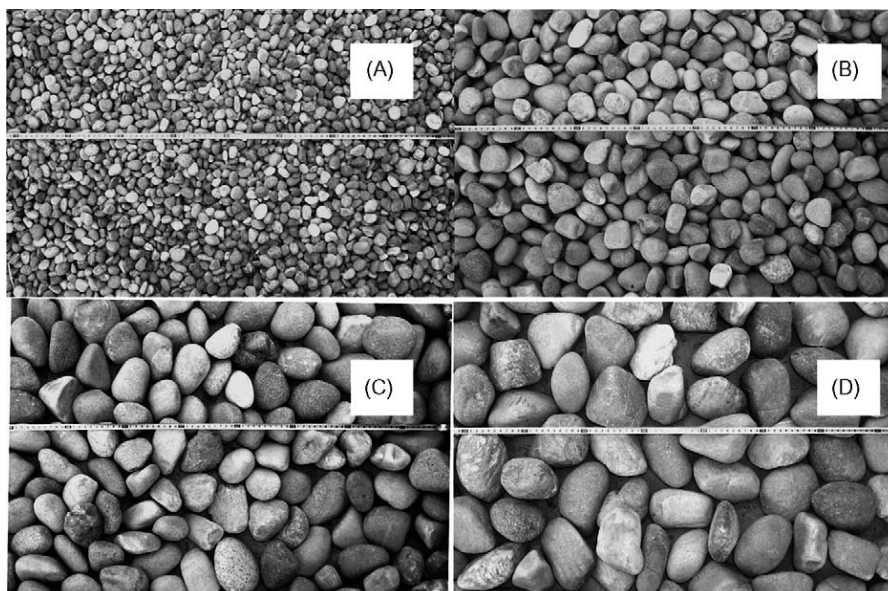
و دارای مزایای زیاد محیط زیستی و اقتصادی است [۲۶].

#### سرباره فولادسازی

سرباره یکی از فرآورده های جنبی کارخانه جات ذوب آهن و فولاد است که به مقدار زیاد تولید می شود و نحوه استفاده از این پسماند همواره به عنوان موضوعی اساسی مطرح بوده است. به ازاء تولید یک تن فولاد، حدود ۱۲۰ کیلوگرم از این ماده تولید می شود [۶۶]. طی سال های اخیر در دنیا استفاده از سرباره به عنوان یک ماده آهکی بهبود دهنده خاک های اسیدی اهمیت زیادی پیدا کرده است. در آلمان ۵۰ درصد کل سرباره های فولاد سازی (کنورتور) به عنوان کود یا اصلاح کننده خاک در کشاورزی مورد استفاده قرار می گیرد [۷۱]. در ایران به طور سالانه ۲۵۰ میلیون کیلوگرم سرباره فولادسازی در اصفهان تولید می شود که حاوی مواد و ترکیبات با ارزشی می باشند. نتایج تجزیه شیمیایی سرباره که توسط آزمایشگاه مرکزی شرکت فولاد مبارکه انجام گرفته، نشان می دهد که اکسید کلسیم از نظر کمی بیشترین درصد سرباره (۸۵ / ۵۲ درصد) را تشکیل می دهد. آهن کل سرباره ۱۶/۸۳ درصد بوده و پس از آن به ترتیب کاهش مقدار، عناصر دیگری نظیر سیلیسیم، فسفر، منگنز، منیزیم، گوگرد و مقادیر کمی پتاسیم و روی نیز در سرباره موجود می باشند که می توانند در تأمین عناصر غذایی گیاه موثر باشند [۳]. استفاده از سرباره به عنوان یک ماده آهکی در خاک آلی باعث افزایش PH، وزن خشک گیاهی و افزایش مقدار عناصر غذایی قابل جذب گیاه می شود [۳۴].

#### پلی لاتیس

ماده پلی لاتیس یک شبکه بیوپلیمری حاوی حلقه های نانومتری از یک پلیمر طبیعی است. خاک پوشی که در محیط عمل استفاده می شود، یک محلول است که ۹۸ درصد آن از آب و مابقی از این نانو حلقه های بیوپلیمری و یک سری مواد معدنی در قالب یون های غلیظ



شکل ۳: سنگریزه‌های مختلف استفاده شده: (A) ۲/۵ سانتی‌متر؛ (B) ۵ سانتی‌متر؛ (C) ۷/۵ سانتی‌متر؛ (D) ۱۰ سانتی‌متر [۷۸]

### رسوب میکروبی کربنات<sup>۱</sup>

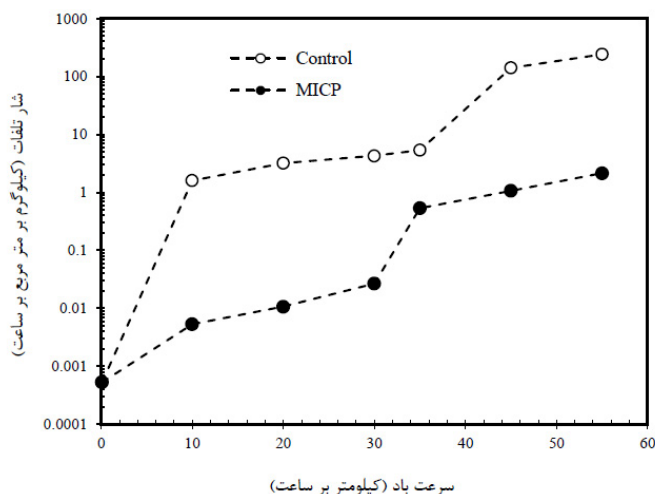
روش رسوب میکروبی کربنات (MICP) که با نام‌های دیگری مانند سیمان‌تاسیون میکروبی و بهسازی واسطه زیستی نیز خوانده می‌شود، برای اصلاح خواص مکانیکی خاک، مانند مقاومت، سختی و نفوذپذیری بکار می‌رود (شکل ۴). در MICP با هیدرولیز اوره توسط سلول‌های باکتریایی و یا آنزیم اوره آز خالص به عنوان کاتالیزور، یون‌های کربنات و آمونیوم تولید می‌شوند که در ادامه، یون‌های کربنات تولید شده به آسانی در حضور یک منبع کلسیم موجب تشکیل رسوب کربنات کلسیم می‌شوند. به دلیل سادگی و عدم تولید پروتون اضافی، در بسیاری از کاربردهای MICP تا به امروز، از باکتری‌های هیدرولیز کننده اوره استفاده می‌شود و از این رو این روش تحت عنوان رسوب میکروبی کربنات کلسیم شناخته می‌شود [۷۴]. کاربرد تیمار بیولوژیکی MICP به عنوان خاک‌پوش از دو جنبه دارای برتری نسبی است. از یک سو اثرات زیست محیطی آن به دلیل استفاده از باکتری‌های بومی موجود در خاک (*S. pasteurii*) نسبتاً کم است. از سوی دیگر به دلیل اینکه ترکیب مورد استفاده در MICP محلول آبی (باکتری و محلول سیمان کننده) بوده و ترسیب آن پس از تزریق در خاک اتفاق می‌افتد، در نتیجه کاربرد عملی آن در شرایط صحرایی و مقیاس بزرگ آسان‌تر است. اگرچه تحقیقات در زمینه MICP تازه است و ابعاد مختلف آن مانند روش تزریق ناشناخته مانده اما با این حال روش MICP با توجه به تشکیل رسوب تقریباً نامحلول  $\text{CaCO}_3$  در آب و همچنین سازگاری با محیط زیست می‌تواند هم‌ردیف با سایر روش‌ها به عنوان یک روش جدید مطرح گردد. از نظر اقتصادی تهیه محیط کشت برای باکتری‌ها می‌تواند به عنوان عامل اصلی محدودکننده در کاربرد فناوری MICP محسوب گردد به طوریکه استفاده از MICP بر اساس روش ارائه شده در

دو عمل مهم در کنترل فرسایش بادی است. اول اینکه می‌تواند خاک را از فرسایش باد محافظت کند. دوم این که می‌تواند ذرات باد آورده را به دام اندازد [۷۸].

بررسی مطالعات در زمینه اثر قطعات خرده‌سنگ بر روی میزان فرسایش خاک نشان می‌دهد سنگریزه‌های لایه سطحی خاک از یک طرف باعث محافظت سطح خاک از ضربه قطرات باران و در نتیجه کاهش قدرت فرساینده‌گی باران و از طرف دیگر باعث افزایش شاخص ضریب زبری و ممانعت از انتقال ذرات ریز خاک می‌شود. نتایج مطالعات [۳۸] نشان می‌دهد که وجود سنگریزه و قطعات سنگی در سطح و داخل لایه خاک سطحی از راه‌های مختلف از جمله کاهش رواناب، جلوگیری از تخریب خاک توسط باد و گیرانداختن ذرات گرد و غبار [۴۱] می‌تواند باعث کاهش میزان هدررفت خاک گردد. حیدری و همکاران [۲۷] نشان دادند که میزان فرسایش بادی با افزایش تراکم پوشش سنگریزه به صورت یک تابع نمایی منفی کاهش می‌یابد و با افزایش تراکم خاک‌پوش سنگریزه از ۲۵ درصد به ۵۰ درصد میزان فرسایش به نصف کاهش می‌یابد. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که بین تیمارهای شاهد و تراکم ۲۵ درصد خاک‌پوش سنگریزه از نظر کاهش میزان فرسایش اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ولی تراکم‌های ۷۵ و ۵۰ درصد خاک‌پوش سنگریزه اختلاف معنی‌دار دارند. نتایج احمدی و اختصاصی [۷] نیز نشان داد که با افزایش تراکم پوشش سنگریزه در سطح خاک میزان فرسایش بادی کاهش می‌یابد به طوری که میزان عملکرد تراکم خاک‌پوش سنگریزه‌ای ۷۵ و ۵۰ درصد نزدیک به هم بوده و تفاوت معنی‌داری از نظر فرسایش پذیری خاک در این تیمارها دیده نمی‌شود درحالی که این دو تراکم با تراکم ۲۵ درصد و شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهند.



شکل ۴: تصویری از سطح نمونه شاهد و نمونه سیمانی شده با فناوری MICP [۴۵]



شکل ۵: شار تلفات خاک در نمونه فرآوری شده با باکتری و نمونه شاهد در سرعت‌های مختلف تونل باد [۴۵]

است که حاوی مواد سلولزی، آهک، ساکارز، مواد مومی، ذرات خاک، نیتروژن، فسفر، پتاسیم و مواد آلی است. از طریق آزمایش‌های اولیه (آزمون و خطا) مقادیری مشخص از ویناس، فیلترکیک و خاک رس در مقداری مشخص آب حل شده و روی بستر ماسه‌های روان بوسیله دستگاه مالچ‌پاش پاشیده شد. نمونه‌ها به مدت چند روز در هوا خشک شدند و سپس تیمارهایی که دارای کمترین ترک خوردگی و بیشترین مقاومت به فرسایش، مقاومت برشی و همچنین بیشترین نفوذ عمقی ترکیبات خاک‌پوشی به داخل ماسه‌های روان بودند، انتخاب شدند [۲۹]. از مزایای خاک‌پوش نیشکر می‌توان به افزایش قدرت نگهداشت آب، کمک به رشد گیاهان، حذف آلودگی محیط زیست، قیمت ارزان آن و افزایش مقاومت برشی سطحی و نفوذ ماسه زارها در برابر طوفان‌ها و بادهای شدید اشاره کرد [۳۲ و ۲۹].

#### خاک‌پوش کلرید کلسیم و کلرید منیزیم

بررسی و تحقیق روی تاثیر خاک‌پوش‌ها با ترکیبات کلریدی مختلف شامل منیزیم کلرید و کلسیم کلرید روی تپه‌های ماسه‌ای در روستای مصر (خور بیابانک- استان اصفهان) انجام شده است.

پژوهش ملکی کاکلر و همکاران (۴۵) و بر مبنای قیمت‌های کنونی چیزی در حدود ۲۵۰,۰۰۰,۰۰۰ ریال به ازای یک هکتار است. از این رو استفاده از محیط کشت‌های صنعتی ارزان قیمت مانند ملاس و یا عصاره خیسانده ذرت به منظور کاهش هزینه‌های فرآیندی تا ۳۰ درصد هزینه کنونی می‌تواند در تولید این خاک‌پوش در شرایط طبیعی پهنه‌های ماسه‌ای پیشنهاد گردد. در شکل ۵ شار تلفات خاک در نمونه فرآوری شده با باکتری و نمونه شاهد در سرعت‌های مختلف تونل باد نشان داده شده است.

#### خاک‌پوش پسماندهای نیشکر

محققان در این طرح با استفاده از ویناس و فیلتر کیک (ماده موجود در پسماند نیشکر) و ایجاد تغییراتی در ترکیبات آن‌ها موفق به تولید خاک‌پوش سازگار با محیط زیست شدند. ویناس آخرین پسماند و خروجی ضایعات نیشکر در کارخانه‌های کشت و صنعت نیشکر است که رها کردن آن در طبیعت به عنوان آلاینده زیست محیطی و عامل تهدید کننده مضر برای محیط زیست محسوب می‌گردد. فیلتر کیک (گل صافی) از دیگر محصولات جانبی نیشکر

می‌باشد. این پلیمر محلول در آب بوده و پس از تبخیر آب خود قابل انحلال مجدد در آب نمی‌باشد. بنابر این در برابر شسته شدن در آب باران مقاوم می‌باشد [۱۶].

اسحقی سردرود و همکاران [۱۶] در تحقیقی از امولسیون پلی اکریلیک اسید در غلظت‌های ۰/۵، ۱، ۲ و ۳ درصد بعنوان خاک‌پوش استفاده کردند. امولسیون‌های تهیه شده روی نمونه‌های ماسه اسپری شد. نمونه‌ها پس از تهیه ۲۴ ساعت در دمای آزمایشگاه قرار گرفته و پس از آن آزمایش تونل باد روی آن‌ها انجام گرفت. نتایج به دست آمده از خاک‌پوش مورد نظر روی نمونه‌ها بیان کننده کاهش ۹۸ درصد در میزان فرسایش بادی می‌باشد (شکل ۶).

#### پلی اکریل آمیدها

پلی آکریل آمید آنیونی دارای بار منفی است و بر حسب چگالی بار و قدرت اسیدی گروه‌های عاملی به کار رفته در ساختار آن، به نوع قوی و ضعیف با چگالی بار زیاد یا کم دسته بندی می‌شوند. وزن مولکولی و چگالی بار دو مشخصه اصلی پلیمرهای آنیونی است که باعث می‌شود تا این نوع پلیمرها کاربردهای متفاوتی در معادن، ازدیاد برداشت از چاه‌های نفت، تصفیه آب و پساب و صنایع کشاورزی داشته باشند. استفاده از پلی آکریل آمید آنیونی به عنوان یک خاک‌پوش پلیمری با زمان ماندگاری طولانی و سازگار با محیط زیست، نسبت به مالچ‌های نفتی از ویژگی‌های پلیمر تهیه شده در کاربردهای بیابان‌زدایی است. از این رو، می‌توان با تولید پلیمرهای با وزن‌های مولکولی زیاد دارای عناصر معدنی در ساختار آنها سبب افزایش چسبندگی خاک به ویژه در بافت‌های سبک برای کاربرد بیابان‌زدایی شد (شکل ۷).

امروزه به کارگیری پلیمرهای بر پایه‌ی آکریل آمید به دلیل ایمنی و قیمت ارزان آن‌ها در حال گسترش است [۵۸]. پلی آکریل آمید پایداری ساختمان خاک را بهبود می‌بخشد، همچنین تخلخل و نفوذپذیری را افزایش داده و موجب کاهش فرسایش خاک می‌گردد [۱۹] از طرفی در تجزیه گیاهی نیز تاثیر مثبت دارد [۲۳].

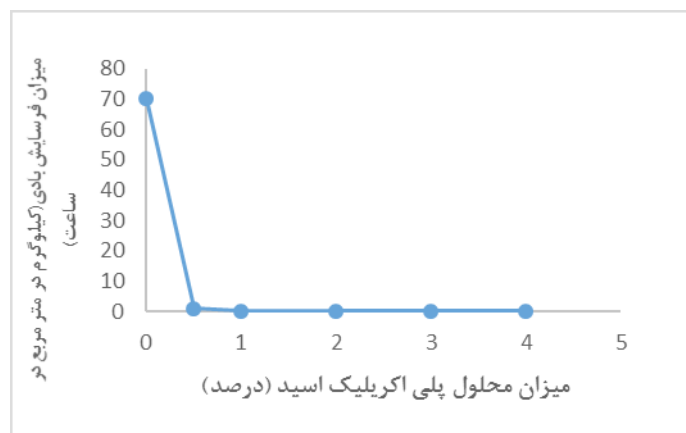
#### هیدروپلاس

این محلول به عنوان یک تثبیت کننده معرفی شده (البته بیشتر برای جاده‌های خاکی) و به علت خاصیت سخت کنندگی و جاذبه الرطوبه بودنش استفاده از این نوع ماده به عنوان خاک‌پوش مورد توجه قرار گرفته است. ناصری و همکاران [۵۲] به بررسی کارایی محلول ترکیبی کلرید کلسیم و کلرید منیزیم جهت کنترل فرسایش بادی پرداختند. مقادیر صفر به عنوان شاهد و ۰/۳۲۱، ۰/۶۲۵، ۱/۲۵ و ۲/۵ لیتر بر مترمربع از محلول بر روی سینی‌های آزمایشی پر شده با ماسه پاشیده شد. تمامی تیمارها تحت جریان باد با سرعت ۲۰ متر بر ثانیه قرار گرفت. نتایج تجزیه و تحلیل حاصل از میزان ماسه فرسایش یافته نشان داد که بدون استفاده از این محلول حدود ۱۴۴ کیلوگرم در متر مربع بر ساعت می‌باشد در حالی که تمامی تیمارها به نحو قابل ملاحظه‌ای باعث کاهش این مقدار شده‌اند و از این نظر مقاومت ماسه را در برابر جریان باد بالا می‌برند.

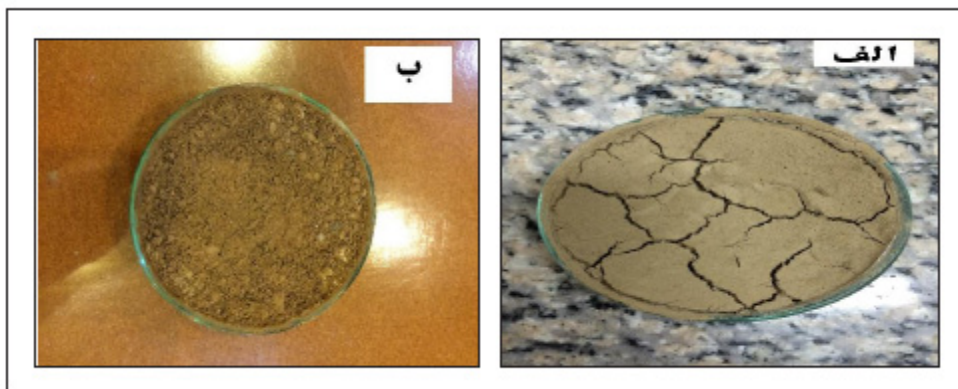
با توجه به اینکه این محلول قابلیت حلالیت بالایی دارد و می‌تواند در اثر بارندگی به داخل خاک نفوذ کرده و یا در اثر بارندگی‌های شدیدتر از بین برود. این نوع خاک‌پوش با مقدار کمی از مواد پتاسیمی که در خود دارد، می‌تواند برای گیاه مفید باشد و موجب رشد بهتر بذر و نهال شود. یکی از معضلات خاک‌پوش محلول کلرید کلسیم و کلرید منیزیم، رسوب کردن آن در فصل سرما است، کلرید کلسیم زمانی که هوا سرد می‌شود شروع به رسوب کردن و کریستاله شدن می‌کند [۵۹]. محلول ترکیبی کلرید کلسیم و منیزیم از شورابه‌های کویری و طی فرایندی کاملاً ارزان‌تر و با حجم بالاتری تولید می‌شود و از این نظر مقرون به صرفه خواهد بود [۵۲].

#### پلی اکریلیک اسید

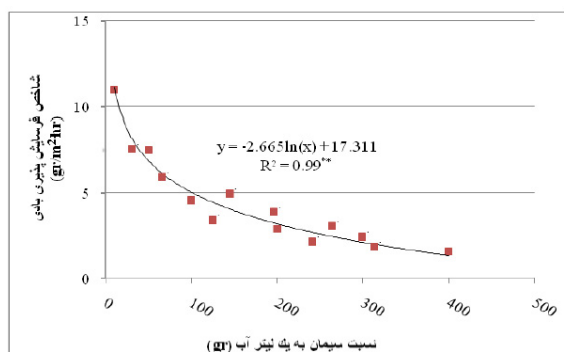
پلی اکریلیک اسید یا همان PAA یک نوع پلیمر می‌باشد که منومر آن اکریلیک اسید است. پلی اکریلیک اسید در حالت خشک یک ماده جامد سفید رنگ است. قابلیت جذب آب چند برابر وزن خود را دارد. پلی اکریلیک اسید به عنوان پایدار کننده امولسیون و پراکنده ساز در مواد دارویی و آرایشی و رنگ و نیز در مواد چسب مورد استفاده قرار گرفته است (۵۴). فرمول شیمیایی این پلیمر  $(C_3H_4O_2)_n$



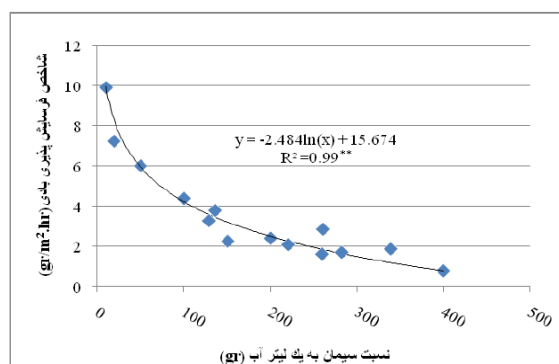
شکل ۶: نمودار میزان فرسایش بادی در نمونه تثبیت شده با محلول پلی اکریلیک اسید [۱۶]



شکل ۷: نمونه خاک رس یک روز پس از افزودن آب: (الف): نمونه شاهد و (ب) نمونه حاوی هم‌بسیار سنتزی (پلی اکریل آمید)، [۴۷]



شکل ۹: تغییرات شاخص فرسایش پذیری بادی تیمارهای خاک پوش سیمانی + (C) آهک (B) [۴]



شکل ۸: تغییرات شاخص فرسایش پذیری بادی تیمارهای مالچ سیمانی + (C) ماسه بادی + (S) آهک (B)

### خاک پوش سیمانی

خاک پوش سیمانی به منزله یک خاک پوش طبیعی است. از ویژگی‌های جایگزینی خاک پوش سیمانی می‌توان به کاهش اثرات منفی زیست محیطی و مقبولیت بیشتر آن به عنوان یک ماده معدنی نسبت به خاک پوش‌های شیمیایی، سهولت دسترسی و تهیه مواد اولیه خاک پوش سیمانی در ایران و کشورهای منطقه، کاهش هزینه‌ها تا ۳۰ درصد نسبت به خاک پوش نفتی و ماندگاری ۴ تا ۵ برابری آن نسبت به خاک پوش نفتی اشاره کرد. خاک پوش سیمانی به لحاظ سازگاری با گیاه و ایجاد بستر مناسب جهت جوانه زنی و رشد ارتفاعی خاک پوش مناسبی شناخته شد [۲].

اختصاصی و حضی‌رئی [۱۵] از نسبت‌های مختلف سیمان و آهک و ماسه بادی به عنوان خاک پوش طبیعی استفاده کردند. بدین منظور، از تپه‌های ماسه ای دشت یزد - اردکان به عنوان بستر و ترکیب‌های مختلف سیمان پرتلند، ماسه بادی و آهک به عنوان تیمارهای خاک پوش سیمانی استفاده شد. به هر تیمار یک لیتر آب اضافه شد. سپس، بر روی پلات‌ها پاشیده شد. نتایج نشان داد، با افزایش مقدار سیمان، مقاومت سله‌های ایجاد شده در سطح خاک افزایش می‌یابد (شکل ۸ و ۹).

هیدروپلاس یا ماده ذخیره کننده آب ماده‌ای است آلی، مصنوعی و کریستاله که قادر است تا ۵۰ برابر حجم اولیه اش، آب جذب کند. در نتیجه مصرف آن در کشاورزی سبب صرفه‌جویی در مصرف آب و طولانی‌تر شدن فاصله آبیاری به میزان ۴ تا ۶ برابر می‌شود. این ماده همانند اسفنج، آب را در خود نگه داشته و به تدریج در اختیار گیاه قرار می‌دهد. بدین وسیله مانع از اشباع محیط ریشه و بالطبع پوسیدگی آن می‌شود. هیدروپلاس ابتدا در داخل خاک قدری آب جذب کرده و به صورت ژل در می‌آید، سپس بصورت قطره قطره به آن افزوده شده تا کریستال‌های آن متورم شده و به ۵۰ برابر حجم اولیه برسد. در این حالت است که رطوبت قابل استفاده می‌شود. نتایج نشان داده است که با مصرف هیدروپلاس در سطح خاک، میزان تبخیر به یک سوم حالت عادی کاهش یافته و آب‌های حاصل از بارندگی و آبیاری به لایه‌های زیرین فرونشست نکرده و به هدر نمی‌رود. بلکه به وسیله ژل هیدروپلاس ذخیره شده و در اختیار گیاه قرار می‌گیرد به طوری که هیدروپلاس در بردارنده ماده مضر یا سمی برای گیاه نمی‌باشد. ضمناً دوام آن در خاک در حدود ۵ سال است. مقدار هیدروپلاستی که در کاربرد آن در مناطق بیابانی و خاک‌های ماسه‌ای توصیه می‌شود، حداکثر ۲۰ گرم در متر مربع یا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار است [۶۳].

## بحث و نتیجه‌گیری

باتوجه به این که بخش اعظمی از کشور ایران را مناطق خشک و بیابانی فراگرفته است، بنابراین در نظر گرفتن مسأله‌ی فرسایش بادی و راه‌های کنترل آن امری ضروری به نظر می‌رسد. یکی از راه‌های تثبیت ماسه‌های روان استفاده از خاک‌پوش است.

در مقایسه‌ای که بین انواع خاک‌پوش‌ها انجام شد به این نتیجه رسیدیم که خاک‌پوش‌های نفتی مشکلات زیادی برای طبیعت و انسان ایجاد می‌کنند و هزینه زیادی دارند بهتر است از خاک‌پوش‌های زیست سازگار و طبیعی مانند پسماندهای نیشکر، سنگریزه‌ای، رسی-آهکی استفاده کنیم. مطالعات رضایی [۶۴] روی خاک‌پوش نفتی نشان می‌دهد که این خاک‌پوش تاثیر منفی روی خاک و گیاه دارد ولی از نظر تثبیت کنندگی در مقابل دیگر خاک‌پوش‌ها موثر است. بطور کلی خاک‌پوش‌های نفتی به علت دارا بودن عناصر سنگین و هیدروکربن‌های نفتی و به علت اثرات سرطان‌زا و هزینه بالا توصیه نمی‌شود.

اگرچه تاثیر خاک‌پوش پلی وینیل استات در افزایش پایداری خاکدانه‌ها سریع است اما این تاثیر از نظر زمانی به ۶ ماه محدود می‌شود و این محصولات به‌شرطی می‌توانند موثر باشند که تمام سطح را پوشانده، قابل رقیق کردن بوده و با فرمولاسیون خاص خود ساخته شوند. علاوه بر آن، مسائل اقتصادی، دوام در برابر دمای زیاد و کم، تخریب مکانیکی و سایش، سهولت کاربرد و ... پارامترهای مهمی در این زمینه هستند که می‌بایستی مورد توجه و بررسی قرار گیرند [۴۸].

خاک‌پوش‌های رسی-آهکی طبیعی بوده و منابع قرضه آن به وفور در منطقه قابل دسترس است و دارای مزیت‌های فراوان زیست محیطی و اقتصادی می‌باشد. بررسی‌های مقدماتی بر روی هزینه‌های مورد نیاز جهت تثبیت هر هکتار تپه‌های ماسه‌ای به روش خاک‌پوش رسی-آهکی بیانگر حدود ۲/۵ میلیون تومان است که این مقدار معادل ۲۰ درصد هزینه خاک‌پوش نفتی است [۲۶].

و خاک‌پوش‌های دیگری نیز مثل پلی لاتیس که با فناوری نانو بدست می‌آید از نظر چسبندگی مناسب است ولی از نظر جوانه زنی بذور و استقرار پوشش گیاهی زیاد موثر نبوده و با خاک‌پوش نفتی جهت استفاده بسیار هزینه بر بوده و نیاز به گرم کردن دارد ولی خاک‌پوش کلرید کلسیم و کلرید منیزیم از نظر هزینه مناسب تر از خاک‌پوش نفتی است اما این نوع خاک‌پوش در فصل سرما رسوب می‌کند.

مطالعات انجام شده در کاشان توسط مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور (۱۳۸۷) نشان داد که استفاده از پلی لاتیس به عنوان خاک‌پوش غیر نفتی در تلفیق با جنگل کاری گونه تاغ، موفقیت آمیز نبوده و قبل از رشد کامل نهال‌ها، با شروع فصل گرما، خاک‌پوش تخریب می‌گردد. این تحقیق منجر به شناسائی نقایصی از جمله خاصیت انعطاف‌پذیری بسیار کم و شکنندگی زیاد، مقاومت برشی بسیار کم سطوحی که از خاک‌پوش استفاده شده و حساسیت زیاد

پلی لاتیس در مقابل اشعه ماورا بنفش خورشید گردید. به گفته سازنده این ماده [۱۹] شرکت سازنده بعد از استفاده از این خاک‌پوش در کاشان ضخامت لایه را از یک به پنج میلی متر رسانده، مقاوت برشی خاک را از ۸/۰ به ۸ کیلو نیوتن بر متر مربع رسانده و انعطاف پذیری شبکه را افزایش داده است [۲۶].

آنالیز میکروسکوپ الکترونی روبشی و پراش اشعه ایکس مؤید این واقعیت است که تشکیل رسوبات کربنات کلسیم که اغلب آنها از نوع واتریت می‌باشند دلیل اصلی افزایش مقاومت فروری نمونه‌های MICP و در نتیجه مقاومت آنها در مقابل نیروی فرساینده باد است. روش رسوب میکروبی کربنات از نظر اقتصادی تهیه محیط کشت برای باکتری‌ها می‌تواند به عنوان عامل اصلی محدودکننده در کاربرد فناوری MICP محسوب گردد [۴۵].

استفاده از پلی آکریل آمید آنیونی با زمان ماندگاری طولانی و دوست‌دار محیط زیست بودن نسبت به خاک‌پوش‌های نفتی از ویژگی‌های پلیمر تهیه شده در کاربردهای بیابان‌زدایی است. از این رو، در حالی که بیشتر خاک‌پوش‌ها در سطح آزمایشگاهی بررسی شده‌اند و احتیاج به تحقیقات بیشتری دارند. می‌توان با تولید پلیمرهای با وزن‌های مولکولی زیاد دارای عناصر معدنی در ساختار آنها سبب افزایش چسبندگی خاک به ویژه در بافت‌های سبک برای کاربرد در بیابان‌زدایی شد [۵۸].

خاک‌پوش‌های قلوله سنگ و سنگریزه و سیمانی به علت هزینه کم و طبیعی بودن حائز اهمیت هستند اما عدم بهبود ساختار خاک و اضافه کردن مواد آلی از محدودیت‌های کاربرد این نوع خاک‌پوش می‌باشد.

مشکلاتی که در اجرای تثبیت شن‌های روان با استفاده از خاک‌پوش نفتی به آنها اشاره شد، از جمله هزینه‌های زیاد استفاده از این نوع خاک‌پوش و لزوم به کارگیری ماشین آلات سنگین در عملیات میدانی، مشکلات زیست محیطی و بهداشتی کار با این نوع خاک‌پوش و در نهایت خسارت‌های هنگفتی که هر ساله منابع اقتصادی ما از فرسایش بادی متحمل می‌گردد، از هدر رفت منابع حاصل‌خیزی خاک تا خسارت‌های بزرگی که به منابع زیستی و زیربنایی کشور وارد می‌شود، هر نوع سرمایه‌گذاری را برای یافتن ماده‌ای جایگزین توجیه پذیر می‌کند.

با توجه به حرکت ماسه‌های روان خاک‌پوش‌های زیادی استفاده شده است و کاربرد خاک‌پوش‌های نفتی زیاد بوده اما با توجه به مضرات آنها طی زمان‌های مختلف توصیه می‌شود که از خاک‌پوش‌های زیست تخریب پذیر که امروزه با عناوین مختلف به کار برده شده، استفاده شود که این خاک‌پوش‌ها نیز معایبی دارند از جمله ماندگاری کم در طبیعت، هزینه بالا، حجم بالای تزریق در دراز مدت و حساسیت و شکنندگی زیاد و ... بنابراین توصیه می‌شود که بر روی این خاک‌پوش‌ها کار شده تا بتوان کارایی و طول دوام آنها را با هزینه‌های به صرفه افزایش دهیم.

### رهیافت‌های ترویجی

Industries), 1421-1427.

5. Aghaei, M, 2010. Sewing of dust with biopolymer nanoparticles, *Nanotechnology Monthly*, ninth year, No. 6. P. 17-19.

6. Ahmadi Moghadam, Z. 2013. Application of Soil for Soil Moisture, First National Conference on Water and Agriculture Resources, Iran Irrigation and Drainage Association, Islamic Azad University, Khorasan Branch, 5 pages.

7. Ahmadi, H, Ekhtesasi, M. R, 2000, Investigating the effect of pebble mulch in order to control the erosion of clay irrigated salt clay, desert, (5) 2: 14-1.

8. AlKhanbashi, A. and Abdalla, Sh.W. 2006. Evaluation of three waterborne polymers as stabilizers for sandy soil. *Geotech. Geology Engineering*, 24: 1603-1625.

9. Armbrust, D. V. and J. D. Dickerson. 1971. Temporary wind erosion control: cost and effectiveness of 34 commercial materials. *Jour. Soil and Water Conserv.* 26(4):154-157.

10. Arshad Pervaiz, M., Iqbal, M. Shahzad, KH. And UL-Hassan, A. 2009. Effect of Mulch on Soil Physical Properties and N, P, K Concentration in Maize (*Zea mays*) Shoots under Two Tillage Systems. *International Journal of Agriculture and Biology*, 2 (11): 119-124.

11. Ates, A. 2013. The Effect of Polymer-Cement Stabilization on the Unconfined Compressive Strength of Liquefiable Soils, *International Journal of Polymer Science*, 8 p.

12. Babakhani, S.; and Karim Zadeh, H. 2013. Application of steel slag in consolidation of erodible soils (case study, Harand area). *Desert Management Magazine*, 2: 1-12.

13. Basha, E.A., Hashim, R., Mahmud, H.B., and Muntohar, A.S. 2005. Stabilization of residual soil with rice husk ash and cement. *Construct. Building Materials*, 19: 448-453.

14. Borrelli, P., Ballabio, C., Panagos, P., & Montanarella, L. 2014. Wind erosion susceptibility of European soils. *Journal of Geoderma*, 232-234, 471-478

هر گونه مواد خاک پوشی اگر به اندازه کافی به سطح کل خاک اعمال شود می تواند از فرسایش بادی جلوگیری کند. از آنجا که مواد به کار برده شده در خاک پوش آلی از نوع مواد طبیعی است نسبت به خاک پوش های نفتی از مزیت های فراوان زیست محیطی و اقتصادی برخوردار است.

- همزمان با اجرای برنامه هایی به منظور تثبیت ماسه های روان، باید حتی الامکان اقداماتی نیز در جهت تعدیل طوفان های ماسه ای و همچنین جلوگیری از حرکت ماسه ها در منشا صورت گیرد تا ماسه ها اصولاً نتوانند حرکت کنند و تپه های ماسه ای یا ماسه های روان را به وجود بیاورد که دائم نیاز به تثبیت کردن آنها نباشد.

- استفاده از خاک پوش روش مناسبی برای جلوگیری از فرسایش بادی می باشد. بخصوص اینکه باعث رشد دانه های موجود در مناطق بیابانی می شود.

- اقدامات لازم درباره جلوگیری از فرسایش خاک و انتخاب روش و به کار بردن وسیله صحیح برای مبارزه با آن باید با مطالعات و بررسی های دقیق و توجه به وضع اقلیمی و جغرافیایی و حتی اجتماعی منطقه مربوطه صورت گیرد نه آنکه یک فرمول و یک دستورالعمل برای مبارزه با فرسایش بادی برای کلیه نقاط به کار برده شود.

- خاک پوش ها خصوصیات زیادی داشته که باعث می شود در جهت تثبیت ماسه جزء گزینه های اصلی باشند.

## منابع

1. Abedi Kupai, J., Mousavi, S. F, Rahmani, M. 2014. Estimation of evapotranspiration from soil profile in the presence of wood, stone and rubber chips by means of zero flux surface method. *Irrigation Science and Engineering (Scientific Journal of Agriculture)*, 37 (1): 119-131.

2. Abtahi, S. M. Khosroshahi, M. 2017. The Effect of Six Chemical and Mineral Mulches on the Establishment and Sustainability of Calligonum and Haloxylon Plants. *Journal of Water and Soil Science*, 26 (1), pp. 39-46.

3. Aflaki, M. 1995. Research on effective parameters for the recovery of vanadium compounds from slag. Graduate Student of Materials Science, Isfahan University of Technology.

4. Afshar, H., Sadrghayen, S. H., Mehrabadi, h. R. 2012. Evaluation of the use of plastic mulch on the yield and amount of water used in cotton cropping. *Water and Soil Journal (Agricultural and Food*

Journal Arident Environment, 68: 260–270.

25. Hatefii, O., Jalalian, A., Padidar, M. and Fallahzade, J. 2016. Effect of Nanoclay on Wind Erosion a Sandy Loam Soil in Segzi Region (Isfahan, Iran), Journal of Environmental Science and Technology, 9(3): 296-300.

26. Hazirei, F. Zare Ernani, M. 2013. Investigation of the effect of clay-limy mulch on the stabilization of moving sand. Water and Soil Journal (Agricultural Sciences and Technology), Vol. 27 (No. 2), pp. 273-380.

27. Heydari, M., Ahmadi, H., Ekhtesasi, M. R., Derini, J. 2010, Investigating the effect of pebble mulch and its roughness on wind erosion in W.E. meter, the second national conference on wind erosion, 8 pages.

28. Iran Oil Industry Research Institute. 2005, Investigation and Improvement of Quality of Oil Mill. Forestry, Rangeland and Watershed Organization of Iran, Tehran.

29. Jamily, T. Khalili Moghaddam, B., Shahbazi, A., 2015, Investigating the Capacity of Juice Mulch for Confirmation of Moving Sands, Ahvaz Journal of Soil and Water (Agriculture Sciences and Technology), Vol. 29, No. 5, p. 1278-1287.

30. Karami Khaniki, A., 2009. Instructions for designing and implementing short earth sections / Ordered by the organization of forests, rangeland and watershed management, 2009, Puneh Publication, 165 p.

31. Kardavani, P., Alaei, A., Moshiri, S. R., Rahimi N. 2013. Investigating the effect of oil mulch application on stabilization of sandy soils and vegetation development in Aran and Bidgol region. Journal of Plant and Biomass; 9 (37), 101-112.

32. Khalili Moghadam, B., Jamili, T., Nadian, H., Shahbazi, E. 2015. The influence of sugarcane mulch on sand dune stabilization in Khuzestan, the southwest of Iran. Iran Agricultural Research 34(2) 71-80.

33. Kiani, S., Alizadeh, A., Bazrafshan, F., Zakernejad, S. 2012. Effect of mulch application, weed weeding and plant density on yield and yield components of sweet corn KSC (403) in Ahvaz.

15. Ekhtesasi, M. R., Hazirei, F. A. 2015. Investigating the effect of cement mulch on the stabilization of sand, grassland and watershed management, Iranian Journal of Natural Resources, 68 (4), p. 739-750.

16. Eshghi Sardrood, N, Katebi, H, Mirmohseni, A. R. 2015. Investigating the effect of particle size, moisture content and polyacrylic acid mulch on wind erosion. Journal of Civil and Environmental Engineering. 45 (4).

17. Fadaei Shahr, M. R., Najafi, H., Abdollahian Noqabi, M., Mirhadi M. C. 2011. Investigating the role of mulch of thin leaves of winter foliage on weed population of sugar beet fields, Iranian weed knowledge, 7 (1): 67-59

18. Fallahzade, J. Hajabbasi, M. A. 2012. The effects of irrigation and cultivation on the quality of desert soil in central Iran. . Land Degrad. Dev., 23: 53-61.

19. Genis, A., L. Vulfson., and J. Ben-Asher. 2012. Combating wind erosion of sandy soils and crop damage in the coastal deserts: Wind tunnel experiments. J. Aeolian Research.

20. Gomes, L., Arrue', J.L., Lo'pez, MV, Sterk, G., Richard, D., Gracia, R., Sabre, M., Gaudichet, A., Frangi, J.P. 2003. Wind erosion in a semiarid agricultural area of Spain: the WELSONS project. Catena, year 52: pafe 235–256

21. Grini, A.G., Myhre Zender, C.S., Sundet, J.K., and Isaksen, I.S.A. 2003. Model simulations of dust source and transport in the global troposphere: Effects of soil credibility and wind speed variability. Institute Report Series No. 124. Norway, University of Oslo, Department of Geosciences.

22. Guo, L. 2014. Investigation of soil stabilization using biopolymers, A thesis submitted to the graduate 100 p.

23. Hagen, L.J. 2010. Erosion by wind: Modeling. In: Lal, R. (ed.). Encyclopedia of Soil Science. 2nded, London: Taylor and Francis publishers.

24. Han, Z., Wang, T., Dong, Z., Hu, Y., and Yao, Z. 2007. Chemical stabilization of mobile dune fields along a highway in the Taklimakan desert of China.

EGU General Assembly Conference Abstracts. 2014.

44. Majdi, H., Karimian Eghbal, M., Karimzadeh, H., Jalalian, A., 2006, Effect of mulch types on the amount of erosion of wind, science and technology of agriculture and natural resources, year 10, number 3 (a).

45. Maleki Kakler, M, Ebrahimi, S, Asadzadeh, F, Emami Tabrizi, M. 2016, Evaluation of the efficiency of microbial deposits of carbonate for stabilizing the sand. *Iran Water and Soil Research*, 47 (2): p. 415-407.

46. Mehdi Pour Afra, R, Irannejad, H. 2012. Effect of Polyethylene and Organic Soils on Different Irrigation Periods on Oil Content and Type of Sunflower Fatty Acids, *Journal of Water Research in Agriculture*, 28 (1): 129-136.

47. Monafi, M. R., Pedram Manafi, P., Daghe, H. 2016. Synthesis and investigation of the rheological properties of poly (acrylamide-co-acrylic acid) used as soil stabilizer, *Journal of Applied Chemistry Research (JARC)*, 10 (4), pp. 19-31.

48. Moovahedan, M, Abbasi, N, Keramati, M. 2013, Evaluation of the effect of polyvinyl acetate polymer on the stability of dry aggregates, *Journal of Soil Science (Soil and Water Science)* (1), p. 71-83.

49. Moovahedan, M., Abbasi, N, Keramati, M. 2011, Experimental Investigation on the Effect of Polyvinyl Acetate Polymer on Soil Wind Erosion Control, *Water and Soil Journal. (Agriculture Sciences and Technology)*, p. 606-616.

50. Naghizade Asl, F., Asgari, H.R., Emami, H., Jafari, M. 2017. Stabilization of drifting sands using micro silica-lime-clay mixture as a mulch, *Arabian Journal of Geosciences* 10:536, 8 p.

51. Namdar Khojasteh, D., Bahrami, H. A. Kiani Rad, M. 2016. Comparison of the Efficiency of Different Formulations of Biomolecules in Soil Tensile and Aggregate Resistance, *Watershed Research*, No. 110: 51-62.

52. Nasser, H. R., Shabani, M, Keshtkar, A. R. 2012. Evaluation of the efficiency of the combined solution of calcium chloride and magnesium chloride for controlling wind erosion, third national conference on wind erosion and dust storms, 7 pages.

*Quarterly Journal of Plant Growth Physiology*, Islamic Azad University, Ahvaz Branch, No. 13: 53-69.

34. Kristen, M. and K. J. Erstad. 1996. Convert slag as a liming material on oryanic soils. *Norwegian-Journal of Agricultural Sciences*. 10(1): 83-9

35. Kumara, R., Sooda, S., Sharmaa, S., Kasanab, R.C., Pathaniaa, V.L., Singha, B., Singhc, R.D. 2014. Effect of plant spacing and organic mulch on growth, yield and quality of natural sweetener plant Stevia and soil fertility in western Himalayas. *International Journal of Plant Production* 8 (3): 311-333.

36. Kupai Nia, M. A, Afzali, S. F. 2015. Comparison of the resistance of non-stick mulches to heat, leaching and pressure, *Journal of Desertification Management*, 53-64.

37. Kurenkov V.F and Myagchenkov V.A., *Polymeric Materials Encyclopedia*, Salamon J.C. (Ed.), CRC, 1, 47-61, 1996.

38. Li, F., Zhang, H., Zhang, T. H., Shirato, Y., "Variation of Sand Transporation Rates in Sandy Grasslands A Long A Desertification Gradient in Northern China", *Catena*, 2003,53 , 255-272.

39. Li, H., Tatarko, J., Kucharski, M., & Dong. Z. 2015. PM2.5 and PM10 emissions from agricultural soils by wind erosion. *Journal of Aeolian Research*. 19, 171-182.

40. Li, J., Okin, G. S., Tatarko, J., Webb, N. P., & Herrick, J. E. 2014. Consistency of wind erosion assessments across land use and land cover types: A critical analysis. *Journal of Aeolian Research*, 15, 253-260.

41. Li, X.Y., Liu, L.Y., Gong, J.D., 2001. Influence of pebble mulch on soil erosion by wind and trapping capacity for windblown sediment. *Soil Tillage Res*. 59 (3- 4), 137- 142.

42. Lyles, L., Schrandt, R.L. and Schmeidler, N.F. (1974). Commercial soil stabilizers for temporary wind erosion control, *Transactions of the ASA E*, 17, 1015-1019.

43. Mahmoud Awad, Y., Ok, Y.S., and Kuzyakov, Y. Effects of polyacrylamide, biopolymer, and biochar on decomposition of soil organic matter and 14C-labeled plant residues as determined by enzyme activities. in

63. Rezaei Rad, N, Khademi, O, Nobakhte, F. 2009, Ways to Reduce Evapotranspiration from Soil and Plant Level, Fourth Regional New Ideas in Agriculture, Khorasgan (Isfahan).
64. Rezaei, S. A. 2009. Comparison of the Effect of Polymorphic Polythene and Oil Mulch on Seed Germination and Plant Establishment for Biological Stabilization of Sandy Hills. Quarterly Journal of Rangeland and Wildlife Research, Volume 16 (Issue 1), pp. 124-136.
65. Riechers G.H., Beyers J.L., Robichaud P.R., Jennings K., Kreutz E., and Moll J. 2008. Effects of Three Mulch Treatments on Initial Postfire Erosion in North-Central Arizona. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. 189: 107- 114.
66. Rodriguez, M., F. A. Lopez, M. Pinto, N. Balcuzar, and G. Besga. 1994. Basic Linz- Donawitz slage as a liming agent for pastureland. Agron. J. 86: 904-909.
67. Rohipour, H., Khosroshahi, M., Gohrdost, A. 2017. Determination of suitable mulch for stabilization of sandstones with a new method for determining the coefficient of plasticity, Nature of Iran, 2 (4): 22-27.
68. Roy, A. 2014. Soil Stabilization using Rice Husk Ash and Cement, International Journal of Civil Engineering Research, 5(1): 49-54 pp.
69. Safaei Ghanouyeh, A. R., Karimzadeh, H. R., Rouhani Shahraki, F, Torkash Esfahani, M. 2011. Determination of the best blend of steel mill slag (Mobarakeh Steel) as a mulch to prevent wind erosion (a case study of Soils in East of Isfahan).
70. Shulga, G. and Betkers, T. 2011. Lignin-based dust suppressant and its effect on the properties of light soil. In "Proceedings of the 8th International Conference, Environmental Engineering", 19-20.
71. United Nation, 1990. Therecuperation and economic utilization of by products of the iron and steel in dustry. Economic Commission for Europe. Geneva.
72. United Nations Environment Program (UNEP) and International Soil Research Information Center (ISRIC), 1990. World map of the status of human induced soil degradation.
73. Vaezi, A. 2010. Application of oil mulch in
53. Noahheger, A, Abbaszadeh, F, Akbarian, M, Hatami Goorbandi, H. 2011. Effect of Polymer on Soil Conservation Against Wind Erosion (Case Study: Gahardou Sirik), Environmental Erosion Research, No. 3, pp. 5-15.
54. Orwoll, R., Yong, A., Chong, S., "Poly (acrylic acid)", In Mark, James E. Polymer Data Handbook, Oxford University Press, 1999.
55. Padidar, M., Jalalian, A., Abdouss, M., Najafi, P., Honarjoo, N. and Fallahzade, J. 2014. Effect of nanoclay on soil erosion control, International Conference on Nanomaterials, Brno Czech R., November 5th - 7th 2014, p 4.
56. Qadir, M., A.S. Qureshi, Cheraghi, S. A. M. 2008. Extent and characterization of salt- affected soils in Iran and strategies for their ameliration and management. Land Degrad. Dev., 19: 214-227
57. QIU, Y., XIE, Zh., WANG, Y., S MALHI, S., REN, J. 2015. Long-term effects of gravel—sand mulch on soil organic carbon and nitrogen in the Loess Plateau of northwestern China. J Arid Land, 7(1): 46-53.
58. Rabiee, A., Gilani, M. and Jamshidi, E. 2011. Preparation of acrylamide-based anionic poly-electrolyte as a stabilizing Soil. Journal of Science and Technology Polymer, 2011, No. 4, pp. 291-300.
59. Rahmani, h. 2012. Investigating the efficiency of calcium chloride and magnesium chloride in stabilizing sandy soils and its role in dust control. Master's Thesis. Desert International Research Center, Tehran University.
60. Rajabpour Kamalabadi, N, Shirani, H, Basaltpour, A. A. Padidar, M. 2015. Introduction of the new Nanoclay PAM mulch for stabilizing sand grains, 5th National Symposium on Chemistry Applications in Modern Technologies. 8 p.
61. Refahi, H. GH. 2012. Wind erosion and control. Tehran University Press. Sixth Edition.
62. Rende, W., Guo, Z., Chang, C., Xiao, D., and Jiang, H. 2015. Quantitative estimation of farmland soil loss by wind-erosion using improved particle-size distribution comparison method (IPSDC). Aeolian Res. (In Press)

region of northwest China. *Soil & Tillage Res.* 70: 73–81.

79. Zare Ernani, M, Ekhtesasi, M. R., Hazirei, F. 2013. Evaluation of the effect of cement mulch on sand stabilization, 3rd national conference on wind erosion and dust storms, 13 pages.

80. Zhu Zhenda, Zou Bengong and Yang, Youlin, 1985. The characterization of sand dune and its stabilization in China, *Sand transport & desertification in arid land*, World Scientific, 438-449pp.

81. Zobeck, T.M., van Pelt, R.S. 2006. Wind-induced dust generation and transport mechanics on a bare agricultural field. *Journal of Hazardous Materials*, year 132, page 26–38.

82. Zomorodian, S. M. A., Soleimani, A. 2017. Effect of Nanosilicon Additive on Soil Erosion, *Journal of Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)* (21) 1: 217-227.

83. Zribi W., Aragüés R., Medina E., Faci J.M. 2015, Efficiency of inorganic and organic mulching materials for soil evaporation control, *Soil & Tillage*

controlling wind erosion and stabilizing sand, Second national conference on wind erosion and dust storms, 7 pages.

74. Verdu A.M. and Mas M.T. 2007. Mulching as an alternative technique for weed management in mandarin orchard tree rows. *Agronomy for Sustainable Development*, 27: 367–375.

75. Whiffin, V. S., van Paassen, L. A., and Harkes, M. P. (2007). Microbial carbonate precipitation as a soil improvement technique. *Geomicrobiology Journal* 24, 417-423.

76. Woodruff, N.P., Dickerson, J.D., Banbury, E.E., Erhart, A.B. and Lundquist, M.C. (1976). Selected trees and shrubs evaluated for single-row windbreaks in the central Great Plains, USDA, ARS, NC-37.

77. Yang, K. & Zejun, T. 2012. Effectiveness of fly ash and polyacrylamide as a sand-fixing agent for wind erosion control. *Water Air. Soil Polluton*, 223, 4065–4074.

78. YanLi, X., L. Y. Liu. 2003. Effect of gravel mulch on aeolian dust accumulation in the semiarid



## Abstract

## A review of the Mechanism of Stabilizing the Effects of Mulch on the Movement of Sandy Soils

M. Mombeni\*<sup>1</sup>, H. R. Asgari<sup>2</sup>, A. Mohamadian Behbahani<sup>2</sup> and H. Yousefi<sup>2</sup>

Received: 2018/04/21 Accepted: 2018/09/15

Wind erosion phenomenon is considered as one of the main processes of land degradation in arid and semi-arid regions. The emission of dust and motion of sand by wind power is known as one of the main causes of the desertification process, resulting in the conversion of agricultural areas to landfills and the creation of sand coverage on them. The sand dunes, due to insufficient moisture and lack of appropriate plant cover, have little adhesion and are susceptible to erosion of the wind, thus stabilizing and preventing their development is necessary. One of the common methods of controlling sand is mulching on a surface of sandy hills, where mulch is divided into two groups of oil and non-oil. Recently, paying attention to the problem of environmental degradation by the oil mulch and the high cost of using this type of mulch, has enabled the country's scientific and research centers to investigate the changes in the type and methods of mulching. In the present study, mulches have been introduced from the point of view of their mechanism of action in stabilizing sandy soils and recognizing the disadvantages and the benefits of using mulches. The results of this study indicate that although the traditional use of oil mulch has been an important step in the implementation of sand stabilization over the years, due to its many disadvantages and problems, including the high cost of using this type of mulch and the necessity of using the machine Heavy machinery in field operations, environmental and health problems with this type of mulch and, ultimately, the huge losses that our economic resources each year suffer from wind erosion, Today, it is suggested that, while using oil mulch in very urgent cases, research and promotion of the use of biodegradable mulch using various titles should be used in order to improve the properties and the quality of these biohazardous mulches in the future, production costs It was reduced to an acceptable level.

**Keywords:** Wind erosion, Erosion, Moving sand, Stabilization, Mulch

1- PhD Student, Desertification, Department of Desertification, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources Corresponding Author, Email:maryam.mombeni@yahoo.com

2- Faculty Member of the University of Agricultural Sciences and Natural Resources.