



## ارزیابی مالچ گیاهی تولیدشده از گیاه سریش (*Eremurus spectabilis*) بر کنترل فرسایش بادی خاک

امیر امرایی، بهناز دهرآزما\*

دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران.

### تاریخچه داوری:

دریافت: ۱۳۹۷-۰۷-۲۷  
بازنگری: ۱۳۹۷-۰۹-۰۴  
پذیرش: ۱۳۹۷-۱۰-۰۱  
ارائه آنلاین: ۱۳۹۷-۱۰-۰۱

### کلمات کلیدی:

تشبیت خاک  
فرسایش بادی  
مالچ ارگانیک  
تونل باد

**خلاصه:** یکی از چالش‌های اصلی مناطق خشک و بیابانی، نحوه کنترل فرسایش بادی خاک‌های مستعد فرسایش می‌باشد. فرسایش بادی موجب آسیب‌هایی جدی به اقتصاد، محیط‌زیست و سلامت موجودات زنده می‌شود. تحقیق حاضر با هدف تشبیت خاک مستعد فرسایش، با استفاده از مالچ ارگانیک تهیه‌شده از پودر ریشه گیاه سریش (*Eremurus spectabilis*) انجام شد. تاثیر غلظت و میزان پاشش مالچ بر میزان فرسایش خاک بررسی و میزان نفوذ و کاهش ضخامت لایه تشبیت‌یافته در مقابل سرعت بادهای ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ متر بر ثانیه، به مدت زمان ۵ دقیقه در تونل باد بررسی گردید. در انتها نیز مقادیر EC، pH، میزان شوری و دیگر عناصر تشکیل‌دهنده خاک به‌منظور ارزیابی تاثیر زیست‌محیطی مالچ مورد مطالعه، قبل و پس از مالچ پاشی مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج نشان داد که افزایش میزان پاشش مالچ باعث نفوذ بیشتر مالچ در خاک و افزایش غلظت مالچ علی‌رغم کاهش عمق نفوذ آن در خاک، بواسطه افزایش مقدار چسبندگی بین ذرات خاک سبب مقاومت بیشتر آن در مقابل فرسایش بادی می‌شود. هم‌چنین براساس نتایج به‌دست آمده مالچ‌هایی با غلظت‌های ۰/۲، ۰/۶ و ۰/۷ درصد قادر به تشبیت خاک در برابر جریان باد به‌ترتیب تا حداکثر سرعت‌های ۹، ۱۲ و ۱۵ متر بر ثانیه است. به‌طور کلی مالچ گیاهی مذکور مالچی سازگار با محیط‌زیست و گزینه‌ای مناسب برای کنترل فرسایش بادی خاک‌های مستعد فرسایش محسوب می‌گردد.

### ۱- مقدمه

امروزه مناطق خشک و نیمه‌خشک حدود یک سوم اراضی سطح کره زمین را شامل می‌شوند و بیش از یک چهارم از خشکی‌های جهان تحت‌تاثیر پدیده بیابان‌زایی قرار دارد. فرسایش بادی و هجوم گرد و خاک‌های ناشی از آن، یک شاخص مهم در وقوع پدیده بیابان‌زایی و تهدیدی جدی برای مناطق خشک محسوب می‌گردد. کشور ایران به‌دلیل موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی خشک، در زمان‌های مختلف تحت‌تاثیر اثرات نامطلوب ناشی از فرسایش بادی و هجوم ریزگردها قرار داشته‌است [۱-۳].

میزان فرسایش بادی در خاک‌ها به عواملی مانند بافت [۴] و

ساختمان خاک [۱]، میزان چسبندگی ذرات خاک به یکدیگر [۵]، مقدار ماده آلی موجود در خاک [۶]، میزان رطوبت [۷ و ۸]، زبری سطح [۹] و شکل ذرات خاک [۱۰] بستگی دارد. هم‌چنین عوامل محیطی مانند دما [۶]، سرعت باد [۸ و ۱۱]، میزان بارندگی [۱۲] و مقدار پوشش گیاهی منطقه [۸ و ۱۳] بر مقدار فرسایش خاک تاثیرگذار هستند. از جمله مهم‌ترین این عوامل سرعت باد و بافت خاک موجود در یک منطقه می‌باشد [۶ و ۸]. طوفان‌های ریزگرد معمولاً در مناطقی با خاک دارای مقادیر زیادی ماسه ریز و سیلت اتفاق می‌افتد. این نوع خاک‌ها بواسطه چسبندگی کم بین ذرات و وزن‌مخصوص پایین، به راحتی بر روی هم سر خورده و توسط باد جابه‌جا می‌شوند. بنابراین برای جلوگیری از فرسایش بادی، باید

\* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: speyman@mail.kntu.ac.ir



اصطکاک و درگیری بین ذرات خاک را با ایجاد چسبندگی بین آن‌ها افزایش داد [۱۶-۱۴].

راه کار مبارزه با پدیده فرسایش بادی، کاهش سرعت باد و یا افزایش پوشش سطحی و بالا بردن مقاومت خاک در برابر بادهای فرساینده می باشد [۱۷]. برای تثبیت خاک از روش های مختلف فیزیکی (مانند: شخم زدن زمین)، شیمیایی (مانند: مالچ های نفتی و پلیمری) و زیستی (مانند: کاشت گیاه و استفاده از مالچ های طبیعی) استفاده می شود که هر کدام دارای مزایا و معایبی می باشد [۶]. مواد شیمیایی مختلفی نظیر محلول کلرورسدیم، فسفریک اسید و کربنات سدیم و پتاسیم برای تثبیت خاک و جلوگیری از فرسایش بادی استفاده می شوند. این محلول ها با ایجاد پوششی بر روی سطح خاک، مقاومت قابل قبولی در مقابل جریان باد با سرعت های کمتر از ۳۰ متر بر ثانیه ایجاد می کنند. از مهم ترین معایب این مواد می توان به تغییر در خواص شیمیایی و افزایش میزان شوری خاک اشاره نمود [۶، ۱۸، ۱۹].

در سال های اخیر فناوری های بیولوژیکی مانند رسوب میکروبی کربنات کلسیم (MICP) به عنوان روشی برای بهسازی خاک توسعه داده شده است. نتایج آزمایش ها با استفاده از فناوری MICP بیانگر قابلیت کاهش میزان فرسایش خاک تا ۹۹ درصد در مقابل بادهایی با سرعت ۱۵ متر بر ثانیه می باشد. روش MICP به دلیل افزایش مقاومت برشی خاک و همچنین سازگاری با محیط زیست می تواند به عنوان روشی نوین در این زمینه مطرح گردد. هزینه بالای تهیه محیط کشت باکتری ها، محدودیت اصلی این روش برای کاربرد در مقیاس وسیع محسوب می شود [۲۰ و ۲۱].

از جمله روش های پرکاربرد برای تثبیت خاک های مستعد فرسایش بادی استفاده از انواع مالچ می باشد. مالچ در زبان انگلیسی به معنای پوشش است. مالچ نفتی یکی از پرکاربردترین مالچ هایی است که امروزه استفاده می شود. مالچ نفتی ذوب شده یا امولسیونه پس از پاشش بر روی سطح خاک، آب خود را از دست داده و با ایجاد قشر نازکی از ماده اصلی بر روی سطح خاک، باعث جلوگیری از فرسایش آن می شود [۲۲ و ۲۳]. از طرفی مالچ نفتی در هنگام پاشش با ایجاد لایه ای روی جوانه های گیاهان را پوشانده و به آن ها آسیب می رساند. در بسیاری از موارد استفاده از این نوع

مالچ موجب خشک شدگی و یا تأخیر در شکوفایی درختچه ها و بوته ها می گردد. همچنین مالچ نفتی با افزایش دمای خاک مشکلاتی برای حیات موجودات زنده و فعالیت های بیولوژیکی درون آن ایجاد می کند [۳ و ۲۴].

از دیگر انواع مالچ های پرکاربرد می توان به مالچ های پلیمری اشاره نمود. پلیمرهای رایج مورد استفاده شامل پلیمر پلی لاتیس<sup>۲</sup>، پلی وینیل استات<sup>۳</sup> و پلی اکریلیک<sup>۴</sup> می باشد. بر طبق تحقیقاتی که به منظور ارزیابی تاثیر پلیمرهای پلی لاتیس، پلی وینیل استات و پلی اکریلیک بر مقدار فرسایش بادی خاک انجام پذیرفت، این مالچ ها به ترتیب قادر به کاهش ۷۰، ۹۰ و ۱۰۰ درصد میزان فرسایش خاک در سرعت باد های ۲۰، ۲۶ و ۲۸ متر بر ثانیه می باشند. این نوع مالچ ها سبب تاخیر در جوانه زدن بذرها شده و مقاومت پایینی در مقابل شرایط محیطی دارند [۱۴، ۱۷، ۲۲، ۲۵ و ۲۶]. لذا استفاده از مالچ های طبیعی سازگار با محیط زیست موضوع بسیاری از تحقیقات کنونی می باشد. از جمله تحقیقات انجام شده می توان به استفاده از مالچ های طبیعی مانند مالچ های ساخته شده از ضایعات نیشکر [۲۷]، مالچ های رسی ترکیب شده با کاه [۲۸]، مالچ های رسی-آهکی [۲۴]، مالچ های آلی با پایه گیاهی [۲۹] و مالچ های کشاورزی [۳۰] جهت تثبیت خاک های مستعد فرسایش بادی اشاره نمود.

تحقیق حاضر با هدف ارزیابی عملکرد مالچ گیاهی ساخته شده از پودر ریشه گیاه سریش (*Eremurus spectabilis*) برای تثبیت خاک مستعد فرسایش بادی انجام شده است. بدین منظور با تهیه غلظت های مختلف از مالچ و پاشش آن بر روی خاک، قابلیت آن در کنترل میزان فرسایش بادی خاک در سرعت های مختلف باد توسط تونل باد مورد بررسی قرار گرفته است.

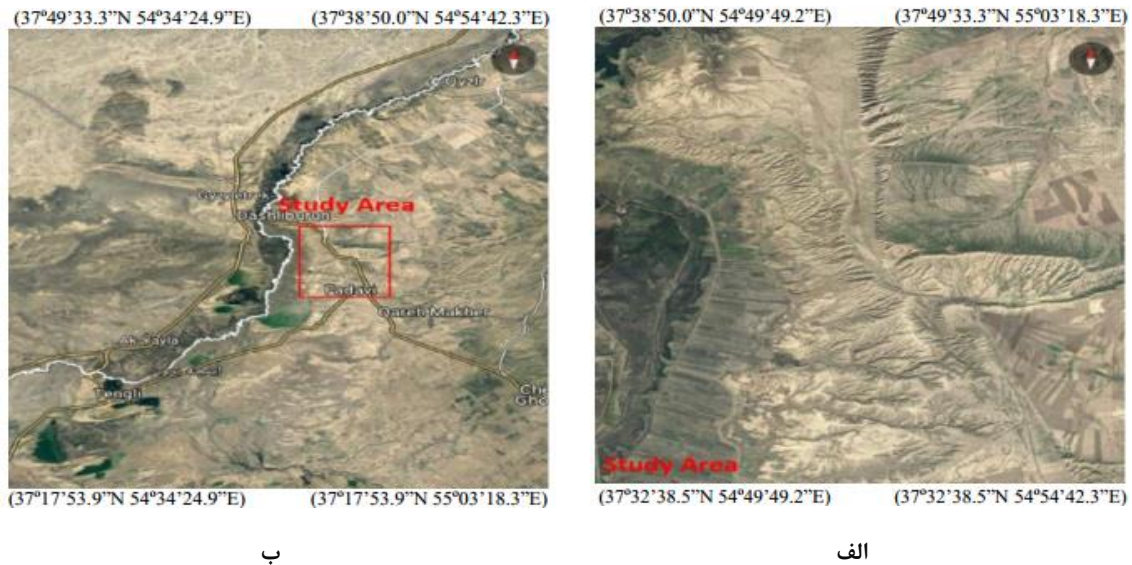
## ۲- مواد و روش ها

### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

خاک مورد استفاده در این تحقیق از نوع خاک ریزدانه بوده که به مقدار مورد نیاز از عمق ۱۰-۰ سانتی متری سطح خاک [۱۵، ۲۱] و [۲۹] مناطق مرزی ایران و ترکمنستان، مابین دو روستای داشلی برون و فدوی در شمال استان گلستان تهیه گردید. این منطقه در امتداد

2 2 Poly lattice  
3 3 Poly vinyl acetate  
4 4 Poly acrylic

1 1 Microbial Induced Carbonate Precipitation



شکل ۱. نقشه ماهواره‌های منطقه مورد مطالعه (الف) و ناحیه نمونه برداری شده (ب)  
 Fig. 1. Satellite map of the study area (a) and the sampled area (b)

۵۰۰ دور در دقیقه هم زده شد. مالچ حاصل برای گیرش نهایی به مدت زمان ۱ دقیقه در حالت سکون قرار گرفت. لازم به ذکر است کلیه مراحل ساخت مالچ در دمای آزمایشگاه (۲۵ درجه سانتی گراد) انجام گردید.

### ۳-۲- نحوه آماده سازی نمونه خاک و مالچ پاشی

ابتدا نمونه خاک از الک نمره ۱۰ با قطر منافذ ۲ میلی متر عبور داده شد [۶]. به منظور شناخت ویژگی های خاک، آزمایش های دانه بندی [۳۱]، تعیین حدود اتربرگ [۳۲]، میزان رطوبت [۳۳]، چگالی ذرات جامد [۳۴]، مقدار ماده آلی [۳۵]، pH، EC و میزان شوری [۳۶] بر روی خاک انجام گردید.

خاک عبوری از الک شماره ۱۰ درون سینی به ابعاد ۳۰×۲۰ سانتی متر مربع و عمق ۲ سانتی متر ریخته شده و سطح آن کاملاً صاف گردید [۲۱، ۲۵ و ۳۷]. سپس مالچ مورد نظر با مقدار پاشش های مختلف ۱۵ و ۲۵ میلی لیتر (به ترتیب معادل ۲۵۰ و ۴۲۰ میلی لیتر بر مترمربع) از ارتفاع ۵۰ سانتی متری [۱] بر روی سطح خاک درون سینی با استفاده از یک مالچ پاش دستی به طور کامل و یکنواخت پاشیده شد [۱۸، ۲۸ و ۳۷]. نمونه های مالچ پاشی شده درون آن به مدت زمان ۴۸ ساعت در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد (متناسب با

طول جغرافیایی ۱۶،۲۵۴°۴۹' تا ۴۷،۰۵۴°۵۴' شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴،۶۳۷°۳۲' تا ۵۵،۶۳۷°۳۷' شمالی گسترش یافته و دارای مساحتی حدود ۱۰۰ کیلومتر مربع می باشد. اقلیم خشک منطقه و درصد بالای ذرات ریزدانه در خاک، زمینه مطالعات پیرامون تثبیت خاک منطقه در مقابل فرسایش بادی را فراهم می نماید. در شکل ۱ تصویر ماهواره ای منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است.

### ۲-۲- آماده سازی مالچ

برای تهیه پودر، ریشه گیاه سریش خشک و سپس پودر گردید. پودر حاصل را از الک نمره ۱۴۰ عبور داده و ذرات دارای قطر کوچکتر از ۰/۱۲ میلی متر برای ساخت مالچ استفاده شد. دلیل انجام این عمل نیز پاک سازی پودر ریشه گیاه از ناخالصی ها و یکسان سازی و مشخص نمودن رنج ذرات به کار رفته در این تحقیق بوده است.

مقدار پودر مورد نیاز برای تهیه مالچ در هر یک از آزمایش ها با استفاده از ترازوی WT ۵۰۰۳N مدل WT ۵۰۰۳N با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن و درون یک بشر ریخته شد. سپس هر بشر بر روی استیرر DRAGONLAB مدل MS-H-Pro قرار گرفته و مقدار آب مورد نیاز با دمای ۲۵ درجه سانتی گراد به تدریج و هم زمان با هم زدن نمونه برای تهیه مالچ هایی با غلظت ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶ و ۰/۷ درصد اضافه گردید. نمونه به مدت زمان ۱ دقیقه و با سرعت

1 Potential of Hydrogen  
 2 Electrical Conductivity

جدول ۱. مشخصات نمونه های خاک تیمار شده برای آزمایش فرسایش بادی  
Table 1. Specifications of treated soil samples for wind erosion testing

مشخصات نمونه	علامت اختصاری نمونه
خاک تیمار نشده	T <sub>N</sub>
خاک تیمار شده با آب	T <sub>W</sub>
خاک تیمار شده با مالچ به غلظت ۰/۱ درصد	T <sub>۱</sub>
خاک تیمار شده با مالچ به غلظت ۰/۲ درصد	T <sub>۲</sub>
خاک تیمار شده با مالچ به غلظت ۰/۳ درصد	T <sub>۳</sub>
خاک تیمار شده با مالچ به غلظت ۰/۴ درصد	T <sub>۴</sub>
خاک تیمار شده با مالچ به غلظت ۰/۵ درصد	T <sub>۵</sub>
خاک تیمار شده با مالچ به غلظت ۰/۶ درصد	T <sub>۶</sub>
خاک تیمار شده با مالچ به غلظت ۰/۷ درصد	T <sub>۷</sub>



شکل ۲. تونل باد ساخته شده  
Fig. 2. Wind tunnel built

مدار باز دمنده در آزمایشگاه ساخته شد. این تونل باد، مشابه نمونه مورد استفاده توسط تعدادی از محققین با انجام اصلاحاتی بر روی آن می باشد که از سه جز اصلی ساخته شده است [۱، ۲۵ و ۳۷].  
قسمت نخست تونل باد شامل موتور و پروانه جهت ایجاد جریان باد می باشد. بدین منظور از یک الکتروموتور سه فاز با قدرت یک اسب بخار با مشخصات ۲۸۰۰ دور در دقیقه، شدت جریان ۱/۶ آمپر، توان ۰/۷۵ کیلووات و قطر پروانه ۴۰ سانتی متر استفاده گردید. پروانه مورد استفاده از جنس چدن و با پره هایی با جهت ۴۵ درجه نسبت به راستای محور چرخش بوده است. ارتفاع قرارگیری موتور به گونه ای

حداکثر دمای مطلق منطقه مورد مطالعه قرار گرفت تا آب اضافه شده تبخیر و رطوبت نمونه به رطوبت اولیه خاک برسد [۱۸ و ۳۰]. برای یکسان سازی دمای نمونه و محیط آزمایشگاه، نمونه بدست آمده به مدت ۳ ساعت در محیط آزمایشگاه قرار داده شد. نمونه های خاک مورد استفاده برای آزمایش فرسایش بادی در جدول ۱ آورده شده است.

#### ۴-۲- نحوه انجام آزمایش فرسایش بادی

برای انجام مطالعات پیرامون نحوه رفتار مالچ و تعیین میزان اثر آن بر مقاومت خاک در مقابل فرسایش بادی، یک دستگاه تونل باد

## ۵-۲- روش تعیین مقدار نفوذ مالچ و تغییر ضخامت لایه تثبیت شده خاک پس از فرسایش بادی

مالچ پاشی و نفوذ آن در خاک سبب ایجاد یک لایه بهم چسبیده یا سله بر روی سطح خاک می‌گردد. میزان نفوذ مالچ در هریک از نمونه های خاک در ۹ نقطه توسط خط کش با دقت ۰/۱ میلی متر اندازه گیری شده و مقدار متوسط آن به عنوان مقدار نفوذ مالچ مورد نظر بیان گردید [۱۸ و ۲۴]. هم چنین مقدار کاهش ضخامت لایه تثبیت شده خاک پس از انجام آزمایش فرسایش بادی اندازه گیری شد [۱۸ و ۳۰].

۶-۲- نحوه بررسی تاثیر پارامتر دما بر مقدار فرسایش خاک تثبیت شده به منظور تعیین تاثیر دما بر میزان مقاومت نمونه ها در مقابل فرسایش بادی، خاک در دمای ۱۹، ۲۵ و ۵۰ درجه سانتی گراد (به ترتیب برابر با میانگین، میانگین حداکثر و حداکثر دمای مطلق منطقه مورد مطالعه) به مدت ۳ ساعت در داخل اتاقک گرما گذاشته شد. پس از آن مالچ منتخب تهیه شده (مالچی که توانایی مقاومت در برابر فرسایش بادی را داشته است) در همان دما بر روی خاک هم دما با آن به مقدار مشخص پاشیده شد. سپس هریک از نمونه ها مجدداً درون اتاقک گرما و در دمای مخصوص به خود به مدت ۴۸-۷۲ ساعت قرار گرفت. [۱۸ و ۳۹]. سپس هریک از نمونه ها درون تونل باد به منظور انجام آزمایش فرسایش بادی قرار داده شد و میزان فرسایش بادی آن ها در مقابل هریک از سرعت بادهای مورد مطالعه طی مدت زمان ۵ دقیقه اندازه گیری گردید.

## ۷-۲- نحوه بررسی تاثیر مالچ بر مقادیر $EC^1$ و $pH^2$ خاک مورد مطالعه

گونه های مختلف گیاهان عمدتاً در خاک با مقادیر  $pH$ ،  $EC$  و مقدار شوری مخصوص به خود رشد می کنند. پاشیدن مالچ می تواند موجب تغییر در این مقادیر شود. تغییرات در هریک از این مقادیر می تواند موجب آسیب به گیاه و یا جلوگیری از رشد و تکثیر آن شود. به منظور کنترل میزان تغییرات در مقادیر  $pH$ ،  $EC$  و میزان شوری خاک، مقدار این سه پارامتر پس از مالچ پاشی با مالچ منتخب مورد آزمایش قرار گرفت. بدین منظور نمونه منتخب تهیه شده در یک مکان دارای تهویه قرار داده شد و پس از رسیدن

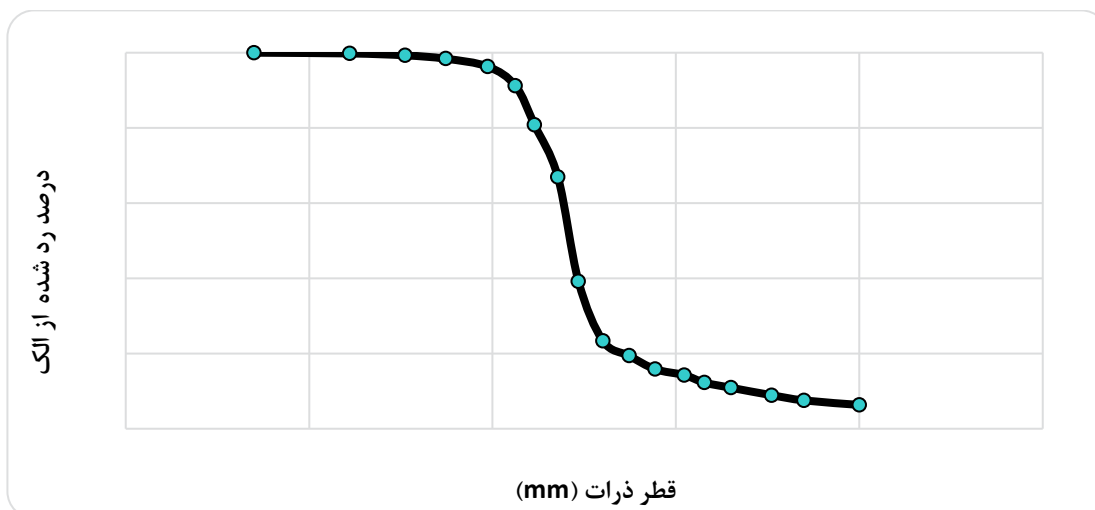
تنظیم گردید که محور موتور در امتداد مرکز سطح مقطع تونل باد قرار گیرد. برای ایجاد تغییر در سرعت باد، از یک اینورتر سه فاز به تک فاز مدل  $S310$  ساخت شرکت TECO با قابلیت تغییر دور موتور از ۰ تا ۲۸۰۰ دور در دقیقه استفاده شد. بخش دوم تونل باد شامل یک خرطومی جهت کاهش تدریجی قطر و اتصال موتور به دهانه ورودی دستگاه تونل باد می باشد. مقطع ابتدا و انتهای این خرطومی دایروی شکل به ترتیب با قطر ۴۵ و ۲۸ سانتی متر می باشد. در انتهای این خرطومی نیز یک لانه زنبوری با روزنه هایی به ابعاد  $4 \times 4$  سانتی متر و عمق ۴ سانتی متر به منظور یکنواخت سازی جریان در تونل باد تعبیه گردید. در شکل ۲ نمایی از تونل باد مورد استفاده نشان داده شده است. قسمت سوم دستگاه شامل تونلی به طول ۱ متر، عرض ۳۰ سانتی متر و ارتفاع ۳۰ سانتی متر می باشد. قسمت های جانبی و سقف تونل از جنس ورق UPVC به منظور شفافیت و رویت درون تونل و قسمت کف از ورق آهنی به ضخامت ۲ میلی متر جهت پایداری و عدم لرزش آن ساخته شد. هم چنین در این قسمت مکانی برای قرارگیری سینی آزمایش به وسیله یک پایه نگهدارنده در ارتفاع ۱۳ سانتی متری از کف تونل تعبیه گردید. بنابراین با توجه به ارتفاع ۲ سانتی متری سینی، سطح خاک در ارتفاع ۱۵ سانتی متری از کف تونل و در مرکز تونل قرار گرفت. سرعت باد در ابتدا و انتهای تونل با استفاده از دستگاه آنالیزور مدل  $Testo350$  ساخت آلمان و دارای پراب سرعت جهت آنالیز سرعت باد، اندازه گیری شد.

برای تعیین میزان مقاومت نمونه های تیمار شده و تیمار نشده در مقابل فرسایش بادی، هریک از نمونه ها درون تونل باد به مدت زمان ۵ دقیقه در مقابل سرعت های مختلف باد قرار گرفت [۳۸]. آزمایش ها با سرعت باد ۶ متر بر ثانیه (متناسب با میانگین سرعت باد حداقل سالیانه منطقه مورد مطالعه) آغاز گردید. سپس به منظور ارزیابی میزان مقاومت نمونه ها در مقابل سرعت های بالاتر، سرعت باد به ۹، ۱۲ و ۱۵ متر بر ثانیه متناسب با میانگین سرعت باد سالیانه، میانگین سرعت باد حداکثر سالیانه و میانگین سرعت باد حداکثر ماهیانه منطقه مورد مطالعه افزایش یافت [۱۵ و ۱۸ و ۳۰].

جهت تعیین مقدار خاک فرسایش یافته، هریک از نمونه ها قبل و پس از قرارگیری در تونل باد وزن گردید. اختلاف وزن نمونه قبل و پس از انجام آزمایش فرسایش بادی بیانگر میزان خاک فرسایش یافته در طی آزمایش می باشد [۱، ۱۸ و ۲۴].

1 1 Electrical Conductivity  
2 2 Potential of Hydrogen





شکل ۳. منحنی دانه بندی خاک مورد مطالعه  
Fig. 3. Soil granulation curve of the studied soil

### ۹-۲- نحوه انجام آنالیز SEM<sup>۲</sup>

SEM نوعی میکروسکوپ الکترونی می باشد که با اسکن کردن نمونه با استفاده از پرتو متمرکز الکترون، تصویری از آن تولید می کند. در این روش الکترون ها با اتم های موجود در نمونه برخورد کرده و سیگنال های متفاوتی تولید می کنند که قابل تشخیص بوده و حاوی اطلاعاتی از توپوگرافی و ساختار سطح نمونه می باشد. اندازه ذرات حدود ۱ نانومتر نیز توسط SEM قابل اندازه گیری می باشد [۱۸، ۲۱ و ۴۰]. در تحقیق حاضر با عکسی که توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) از نمونه با بزرگنمایی مشخص گرفته شد، برای بررسی و مشخص کردن توانایی مالچ منتخب در چسبندگی ذرات خاک به یکدیگر و نفوذ آن در حفرات خاک استفاده شد. جهت انجام آزمایش نمونه منتخب مالچ پاشی شده به همراه یک نمونه شاهد به مرکز پژوهش متالوژی رازی به منظور عکس برداری با میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) ارسال گردید.

### ۳- نتایج و بحث

#### ۱-۳- آنالیز خاک

خاک مورد مطالعه بر اساس نتایج حاصل از منحنی دانه بندی (شکل ۳) و مطابق با استاندارد دیپارتمان کشاورزی آمریکا (USDA<sup>۳</sup>)

رطوبت نمونه تیمار شده به رطوبت اولیه مقادیر pH توسط دستگاه pH سنج مدل ۷۱۱۰ pH، ساخت آلمان (EC، و میزان شوری خاک (توسط دستگاه EC متر مدل ۷۱۱۰ Cond، ساخت آلمان) اندازه گیری گردید.

### ۸-۲- نحوه انجام آنالیز XRD<sup>۱</sup>

در پراش اشعه X، یک سری پرتوهای X موازی با طول موج  $\lambda$ ، طبق قانون براگ به نمونه تابیده شده و توسط فاز کریستاله موجود در نمونه، بازتاب می گردند. شدت پرتو X بازتابیده شده بر اساس تابعی از زاویه پراش تا اندازه گیری می شود. از الگوی انکسار جهت تشخیص فاز کریستال نمونه و اندازه گیری خواص ساختاری شامل کشش، اندازه و جهت ذرات بلورین استفاده شود. XRD هم چنین می تواند نمودار تمرکز، ضخامت لایه، ساختار اتمی در مواد بی شکل و چندلایه را تشخیص دهد [۱۸، ۲۱ و ۴۰]. به منظور بررسی تاثیر مالچ پاشی و فرایند تثبیت بر ساختار معدنی خاک، نمونه منتخب تیمار شده با مالچ منتخب به همراه یک نمونه خاک تیمار نشده در شرایط محیطی یکسان در یک مکان دارای تهویه قرار داده شد. پس از رسیدن رطوبت نمونه تیمار شده به رطوبت اولیه، نمونه ها برای انجام آنالیز XRD به آزمایشگاه فیزیک دانشگاه دامغان ارسال گردید.

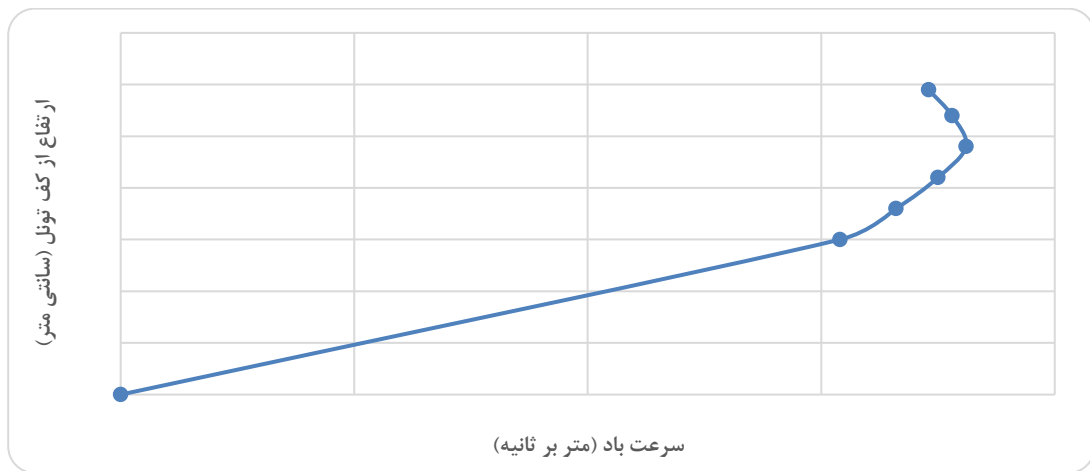
2 2 Scanning Electron Microscopy  
3 3 United States Department of Agriculture

1 1 X-ray diffraction

جدول ۲. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه  
Table 2. Physical and chemical properties of the studied soil

نوع خاک	حد خمیری (PL)	حد روانی (LL)	رطوبت (درصد)	چگالی خشک (gr/cm <sup>۳</sup> )	ماده آلی (درصد)	کربنات کلسیم (درصد)	EC (mS/cm)	pH	شوری (gr/L)	طبقه بندی (یونیفاید)
لوم سیلتی	۱۸	NP۲	۰/۷۵	۲/۶۹	۰/۹	۷/۶	۲/۴	۸/۱	۱/۲	ML۱

1 Mud-Low  
2 Non plastic



شکل ۴: پروفیل ارتفاعی سرعت در تونل باد  
Fig. 4. Speed elevation profile in wind tunnel

[۶]، خاک مورد مطالعه در زمره خاک های مستعد فرسایش طبقه بندی می گردد.

براساس نتایج میزان رطوبت خاک مورد مطالعه کمتر از ۱ درصد بوده و براساس میزان pH و شوری خاک مورد مطالعه مطابق با استاندارد USDA، این خاک در رده خاک های قلیایی با میزان شوری کم قرار می گیرد. افزایش شوری باعث کاهش اثر پراکندگی ذرات خاک به وسیله سدیم می شود. سدیم در خاک همانند کاتیون های با شعاع غیر هیدراته بزرگ عمل کرده و باعث اتصال ذرات معدنی و در نتیجه افزایش پایداری خاک نسبت به سایش می شود [۴۱]. هم چنین با توجه به آن که مقدار ماده آلی موجود در خاک کمتر از ۱ درصد می باشد، بر طبق استاندارد USDA در رده خاک های با مقدار ماده آلی پایین قرار دارد. بنابر نتایج به دست آمده خاک مورد مطالعه خاکی مستعد فرسایش بادی از لحاظ میزان شوری و مقدار ماده آلی موجود

دارای ۳۳/۰۸ درصد ماسه، ۵۹/۴۰ درصد سیلت و ۷/۵۲ درصد رس بوده و در محدوده خاک های لومی سیلتی قرار می گیرد. هم چنین براساس طبقه بندی یونیفاید (USCS) خاک مورد مطالعه عاری از ذرات شن و دارای ۸/۸۰ درصد ماسه و ۹۱/۲ درصد سیلت و رس می باشد.

نتایج آزمایش های تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه، شامل حدود اتربرگ، میزان رطوبت، چگالی ذرات جامد، مقدار ماده آلی، مقدار کربنات کلسیم، pH، EC و میزان شوری خاک در جدول ۲ نشان داده شده است. بر طبق نتایج حاصل، خاک مورد مطالعه دارای خاصیت خمیری بسیار پایین بوده و براساس طبقه بندی یونیفاید در رده خاک های سیلتی با حد خمیری پایین قرار می گیرد. با توجه به اینکه طوفان های ریزگردی معمولا در مناطقی با خاک دارای مقادیر زیادی ماسه ریز و سیلت اتفاق می افتد

1 4 United Soil Classification System

در آن می باشد [۶ و ۴۱].

### ۳-۲- آنالیز پروفیل سرعت هوا در تونل باد

اندازه گیری سرعت جریان هوا در تونل باد نشان می دهد که میزان اختلاف سرعت در ابتدا و انتهای تونل کمتر از ۵ درصد می باشد. لذا متوسط این مقدار، به عنوان سرعت باد در وسط تونل انتخاب گردید [۲۵]. بر اساس پروفیل ارتفاعی سرعت در تونل باد (شکل ۴)، سرعت باد در ارتفاع ۱۵ سانتی متری از کف تونل به حداکثر سرعت مورد نیاز برای انجام آزمایش های فرسایش بادی می رسد. همچنین این ارتفاع دارای فاصله کافی از سقف تونل (۱۵ سانتی متر) برای بلند شدن و حرکت ذرات خاک می باشد [۶]. لذا محل قرارگیری سینی حاوی خاک مورد آزمایش فرسایش بادی در ارتفاع ۱۵ سانتی متری از کف تونل و در مرکز تونل در نظر گرفته شد.

### ۳-۳- نتایج آزمایش های فرسایش بادی خاک

#### ۳-۳-۱- خاک تیمار نشده

بر اساس نتایج آزمایش های فرسایش بادی بر روی خاک تیمار نشده (شکل ۵)، خاک مورد مطالعه فرسایش پذیر است. با توجه به شکل ۵، در سرعت باد ۶ متر بر ثانیه مقدار خاک فرسایش یافته برابر با ۵۰ گرم بر مترمربع می باشد. تغییرات میزان فرسایش خاک با افزایش سرعت از یک تابع سهموی تبعیت کرده و در سرعت های ۹، ۱۲ و ۱۵ متر بر ثانیه به مقدار ۲۱۱۷، ۷۰۵۰ و ۱۶۳۸۳ گرم بر مترمربع می رسد. این مقادیر نشان از افزایش ۱۶۶۷ گرم بر مترمربع از خاک فرسایش یافته با افزایش سرعت از ۶ به ۹ متر بر ثانیه، ۴۹۳۳ گرم بر مترمربع در صورت افزایش سرعت از ۹ به ۱۲ متر بر ثانیه و ۹۳۳۳ گرم بر مترمربع با افزایش سرعت از ۱۲ به ۱۵ متر بر ثانیه می باشد. نتایج حاصل بیانگر تاثیر قابل توجه سرعت در مقدار فرسایش خاک است که با نتایج تحقیق های سایر محققین بر روی خاک تیمار نشده مطابقت دارد [۱، ۳۰ و ۴۲].

مقدار تفاوت میزان فرسایش بادی خاک در هر یک از سرعت ها، نشان از نقش سرعت باد در مقدار خاک فرسایش یافته بادی دارد. دلیل این موضوع را می توان بدین صورت بیان نمود که مقدار انرژی مورد نیاز برای انتقال و انتشار ذرات خاک در اندازه ها و چسبندگی های مختلف، متفاوت می باشد. جریان باد نیز در هر سرعت دارای مقداری

انرژی مخصوص به خود بوده که با افزایش سرعت باد مقدار این انرژی افزایش یافته و جریان باد در سرعت های بالاتر توانایی جا به جایی ذرات بیشتری را دارد [۶ و ۸].

#### ۳-۳-۲- خاک تیمار شده با مالچ به مقدار پاشش ۱۵ میلی لیتر

بر اساس نتایج (شکل ۶) افزودن آب به میزان ۱۵ میلی لیتر بر روی سطح خاک موجب کاهش مقدار فرسایش خاک در تمام سرعت ها نسبت به نمونه تیمار نشده (شکل ۵) می گردد. در سرعت باد ۶ متر بر ثانیه مقدار خاک فرسایش یافته طی ۵ دقیقه برای نمونه آب پاشی شده برابر با ۸۳ گرم بر مترمربع می باشد. مقدار این فرسایش با افزایش سرعت به صورت یک تابع سهموی افزایش یافته و به مقدار ۱۱۱۷، ۴۲۵۰ و ۱۰۴۶۷ گرم بر مترمربع در هر یک از سرعت های ۹، ۱۲ و ۱۵ متر بر ثانیه می رسد. مقایسه میزان فرسایش خاک آب پاشی شده با خاک تیمار نشده بیانگر مقدار کاهش ۸۲، ۴۷، ۴۰ و ۳۶ درصدی مقدار خاک فرسایش یافته در صورت تیمار با آب به ترتیب در سرعت های ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ متر بر ثانیه می باشد. در واقع کاهش فرسایش پذیری خاک را چنین می توان توجیه نمود که پاشش آب بر روی خاک باعث افزایش چسبندگی ظاهری ذرات در سطح خاک و در نتیجه کاهش میزان فرسایش پذیری خاک می شود [۲۵ و ۳۰]. افزودن آب به خاک در تحقیقات مشابه نیز باعث کاهش میزان فرسایش خاک گردیده است [۲۱، ۲۵، ۲۹، ۳۰ و ۴۳].

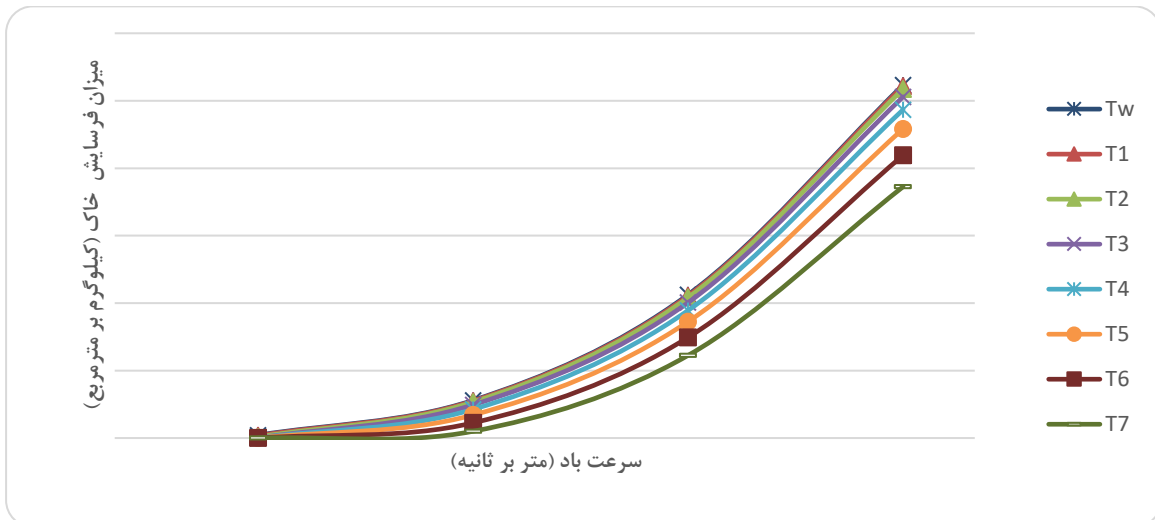
تهیه مالچ مورد نظر در دوزهای مختلف و پاشش آن به مقدار ۱۵ میلی لیتر بر روی سطح خاک، در غلظت های ۰/۱ تا ۰/۷ درصد، باعث کاهش مقدار فرسایش خاک در تمامی سرعت ها با افزایش غلظت مالچ مورد استفاده گردید (شکل ۶). مقدار فرسایش خاک مالچ پاشی شده با دوزهای ۰/۱ و ۰/۲ درصد، در سرعت اولیه ۶ متر بر ثانیه به ترتیب برابر با ۶۷ و ۳۳ گرم بر متر مربع می باشد. این نتایج بیانگر کاهش ۲۰ و ۶۰ درصدی میزان خاک فرسایش یافته در نمونه های مالچ پاشی شده با غلظت ۰/۱ و ۰/۲ درصد نسبت به نمونه شاهد خود در سرعت ۶ متر بر ثانیه می باشد. با افزایش غلظت مالچ به ۰/۳ درصد و بیشتر، مقدار فرسایش خاک در این سرعت به صفر می رسد.

با افزایش سرعت باد به ۹ متر بر ثانیه مقدار فرسایش خاک مالچ پاشی شده با دوزهای ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶ و ۰/۷ درصد





شکل ۵. مقدار فرسایش نمونه خاک تیمارنشده در سرعت‌های مختلف  
Fig. 5. Erosion rate of untreated soil samples at different velocities



شکل ۶. مقدار فرسایش نمونه خاک‌های تیمار شده به مقدار پاشش ۱۵ میلیلیتر، پس از قرارگیری نمونه طی ۵ دقیقه در مقابل سرعت بادهای مختلف

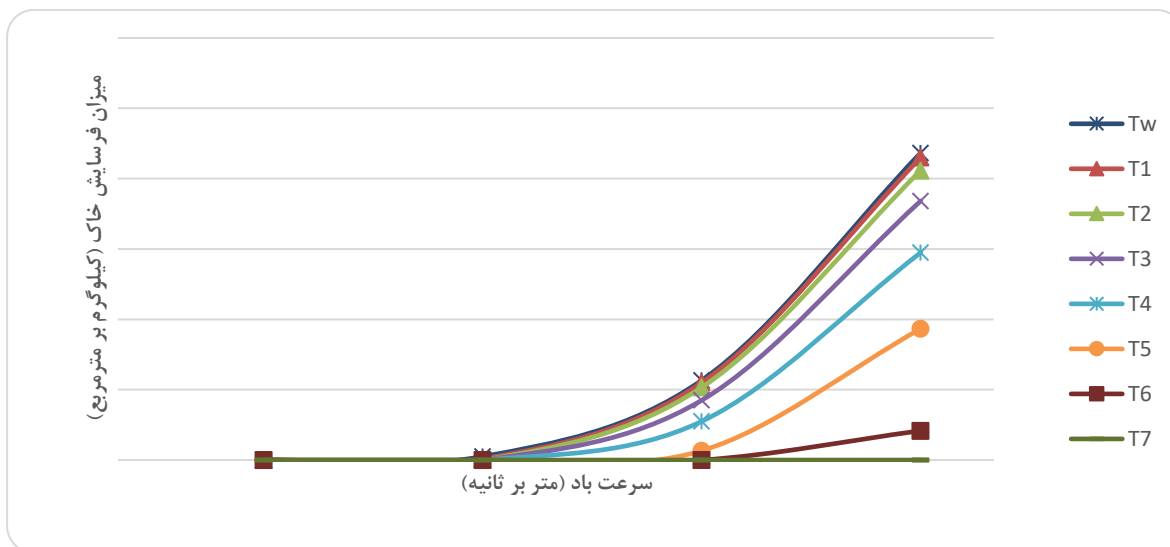
Fig. 6. Erosion rate of treated soil samples to 15 ml after spraying the sample for 5 minutes against different wind speeds

مطابق با شکل ۶ به تدریج کاهش یافته و به ترتیب به مقدار ۱۱۰۰، ۱۰۶۷، ۹۸۳، ۸۵۰، ۶۸۳، ۴۵۰ و ۲۰۰ گرم بر متر مربع می‌رسد. برطبق نتایج حاصل میزان فرسایش هر یک از نمونه‌ها در سرعت باد ۹ متر بر ثانیه طی ۵ دقیقه به ترتیب ۱، ۲، ۶، ۱۱، ۱۹، ۳۰ و ۴۳ درصد کاهش را نسبت به نمونه شاهد خود در همین سرعت و زمان نشان می‌دهد.

مقدار فرسایش خاک مالچ‌پاشی شده با دوزهای ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶ و ۰/۷ درصد در سرعت باد ۱۵ متر بر ثانیه به ترتیب به مقدار ۱۰۴۳۳، ۱۰۳۵۰، ۱۰۱۱۷، ۹۷۳۳، ۹۱۶۷، ۸۳۸۳ و ۷۴۵۰

مطابق با شکل ۶ به تدریج کاهش یافته و به ترتیب به مقدار ۱۱۰۰، ۱۰۶۷، ۹۸۳، ۸۵۰، ۶۸۳، ۴۵۰ و ۲۰۰ گرم بر متر مربع می‌رسد. برطبق نتایج حاصل میزان فرسایش هر یک از نمونه‌ها در سرعت باد ۹ متر بر ثانیه طی ۵ دقیقه به ترتیب ۲، ۵، ۱۲، ۲۷، ۳۹، ۶۰ و ۸۲ درصد کاهش را نسبت به نمونه شاهد خود در همین سرعت و زمان نشان می‌دهد.

پس از افزایش سرعت باد به ۱۲ متر بر ثانیه مقدار فرسایش خاک برای هر یک از نمونه‌های مالچ‌پاشی شده با دوزهای ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶ و ۰/۷ درصد مطابق شکل ۶ به ترتیب به مقدار



شکل ۷. مقدار فرسایش نمونه خاکهای تیمار شده به مقدار پاشش ۲۵ میلیلیتر، پس از قرارگیری نمونه طی ۵ دقیقه در مقابل سرعت بادهای مختلف

Fig. 7. Erosion rate of treated soil samples in the amount of spraying 25 ml, after placing the sample for 5 minutes against different wind speeds

مطابق شکل ۷ افزودن آب به مقدار ۲۵ میلی لیتر موجب جلوگیری از فرسایش خاک در سرعت ۶ متر بر ثانیه می گردد. میزان فرسایش خاک با افزایش سرعت به صورت یک تابع سهموی افزایش می یابد و به ترتیب به مقدار ۵۰، ۱۱۳۳ و ۴۳۶۷ گرم بر مترمربع در سرعت های ۹، ۱۲ و ۱۵ متر بر ثانیه می رسد. این مقادیر نسبت به نمونه خاک تیمار نشده کاهش ۹۸، ۸۴ و ۷۳ درصدی، و نسبت به نمونه تیمار شده با آب خالص با مقدار پاشش ۱۵ میلی لیتر، کاهش ۷۳، ۹۶ و ۵۸ درصدی میزان خاک فرسایش یافته را به ترتیب در سرعت های ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ متر بر ثانیه نشان می دهد.

پاشش مالچ به مقدار ۲۵ میلی لیتر در دوزهای ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶ و ۰/۷ درصد مطابق با شکل ۷ مقدار فرسایش خاک را در سرعت ۶ متر بر ثانیه به صفر رسانده و همانند نمونه شاهد خود، خاک هیچ گونه فرسایشی را در این سرعت نداشته است.

در اثر افزایش سرعت باد به ۹ متر بر ثانیه مقدار فرسایش خاک مالچ پاشی شده با دوز ۰/۱ درصد به مقدار پاشش ۲۵ میلی لیتر برابر با ۱۷ گرم بر متر مربع می باشد، که نسبت به نمونه مالچ پاشی شده با دوز ۰/۱ درصد با مقدار پاشش ۱۵ میلی لیتر به مقدار ۱۰۸۳ گرم بر مترمربع کاهش یافته است. در ادامه با افزایش غلظت مالچ به ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶ و ۰/۷ درصد، مقدار فرسایش خاک در سرعت

گرم بر متر مربع می رسد (شکل ۶). با توجه به نتایج حاصل میزان فرسایش هریک از نمونه ها در سرعت ۱۵ متر بر ثانیه طی ۵ دقیقه به ترتیب ۰/۵، ۱، ۳، ۷، ۱۳، ۲۰ و ۲۹ درصد کاهش را نسبت به نمونه شاهد خود در همین سرعت و زمان نشان می دهد.

کاهش فرسایش پذیری خاک با پاشش مالچ را چنین می توان توجیه نمود که پاشش مالچ بر روی خاک باعث افزایش چسبندگی بین ذرات در سطح خاک شده و در نتیجه موجب افزایش مقاومت و کاهش میزان فرسایش پذیری خاک در برابر جریان باد گردیده است. در تحقیقات مشابه انجام شده که از رسوب میکروبی کربنات [۲۱]، محلول فسفریک اسید [۱۸]، مالچ سرباره فولادسازی [۴۴]، مالچ های رسی [۲۴ و ۲۸]، مالچ های آلی با پایه گیاهی [۲۹]، مالچ های پلیمری [۱ و ۲۵ و ۴۵] و مالچ های گیاهی [۳۰] استفاده شده است، نیز افزودن مالچ باعث افزایش مقاومت خاک در برابر فرسایش بادی و کاهش میزان فرسایش خاک گردیده است.

۳-۳-۳- خاک تیمار شده با مالچ به مقدار پاشش ۲۵ میلی لیتر با افزایش میزان پاشش آب به مقدار ۲۵ میلی لیتر بر روی سطح خاک (شکل ۷)، مقدار فرسایش خاک نسبت به نمونه آب پاشی شده به مقدار پاشش ۱۵ میلی لیتر (شکل ۶)، کاهش قابل توجهی داشته است.



ج

ب

الف

شکل ۸. نمایی از نمونه خاک مالچ پاشی شده با مالچ منتخب (غلظت ۰/۷ درصد، پاشش ۲۵ میلیلیتر): سطح خاک صاف شده قبل از مالچ پاشی (الف)، سطح خاک خشک شده در آن پس از مالچ پاشی (ب)، سطح خاک پس از انجام آزمایش فرسایش بادی و قرارگیری نمونه طی ۵ دقیقه در مقابل سرعت باد ۱۵ متر بر ثانیه (پ).

Fig. 8. View of a sample of mulch soil sprayed with selected mulch (concentration 0.7%, spraying 25 ml). surface of smoothed soil before mulching (a), soil surface dried in the oven after mulching (b), Soil surface after wind erosion test and placing the sample for 5 minutes against wind speed of 15 m / s (c).

در اثر افزایش سرعت باد به ۱۵ متر بر ثانیه مقدار فرسایش برای هریک از نمونه های مالچ پاشی شده با دوزهای ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵ و ۰/۶ درصد با مقدار پاشش ۲۵ میلی لیتر مطابق با شکل ۷ به ترتیب برابر با ۴۳۰۰، ۴۱۱۷، ۳۶۸۳، ۲۹۵۰، ۱۸۶۷ و ۴۱۷ گرم بر متر مربع می باشد. با افزایش مقدار غلظت مالچ به ۰/۷ درصد مقدار فرسایش خاک در این سرعت به صفر می رسد. هم چنین میزان فرسایش برای هریک از نمونه های مالچ پاشی شده با دوزهای ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶ و ۰/۷ درصد، در سرعت ۱۵ متر بر ثانیه به ترتیب ۲، ۶، ۱۶، ۳۳، ۵۷، ۹۱ و ۱۰۰ درصد کاهش را نسبت به نمونه شاهد خود و ۵۹، ۶۰، ۶۴، ۷۰، ۸۰، ۹۵ و ۱۰۰ درصد کاهش را نسبت به نمونه های مالچ پاشی شده با دوزهای مشابه با مقدار پاشش ۱۵ میلی لیتر، نشان می دهد.

به طور کلی افزایش مقدار پاشش موجب افزایش مقاومت لایه بستر و کاهش میزان فرسایش بادی خاک می شود [۱۸، ۲۴، ۲۸ و ۴۴]. با توجه به نتایج به دست آمده و توضیحات بیان شده مالچ منتخب جهت تثبیت خاک در مقابل تمامی سرعت بادهای ایجاد شده در این آزمایش ها، مالچ با غلظت ۰/۷ درصد و با میزان پاشش ۲۵ میلی لیتر می باشد. در شکل ۸ نمایی از نمونه خاک مالچ پاشی شده

۹ متر بر ثانیه برابر با صفر بوده و نسبت به نمونه شاهد خود و نمونه مالچ پاشی شده با دوزهای مشابه با مقدار پاشش ۱۵ میلی لیتر کاهش ۱۰۰ درصدی فرسایش خاک را نشان می دهد.

با افزایش سرعت باد به ۱۲ متر بر ثانیه مقدار فرسایش برای هریک از نمونه های مالچ پاشی شده با دوزهای ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴ و ۰/۵ درصد با مقدار پاشش ۲۵ میلی لیتر، به ترتیب به مقدار ۱۱۰۰، ۱۰۳۳، ۸۵۰، ۵۵۰ و ۱۳۳ گرم بر متر مربع می رسد. در اثر افزایش مقدار دوز مالچ به ۰/۶ درصد و بالاتر مقدار فرسایش خاک در سرعت ۱۲ متر بر ثانیه صفر می شود. میزان فرسایش هریک از نمونه های مالچ پاشی شده با دوزهای ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴ و ۰/۵ درصد با مقدار پاشش ۲۵ میلی لیتر در سرعت ۱۲ متر بر ثانیه به ترتیب ۳، ۹، ۲۵، ۵۲ و ۹۰ درصد کاهش نسبت به نمونه شاهد خود، و مقدار ۷۴، ۷۵، ۷۹، ۸۷ و ۹۶ درصد کاهش را نسبت به نمونه های مالچ پاشی شده با دوزهای مشابه با مقدار پاشش ۱۵ میلی لیتر را نشان می دهد. هم چنین نمونه های مالچ پاشی شده با دوزهای ۰/۶ و ۰/۷ درصد با مقدار پاشش ۲۵ میلی لیتر نسبت به نمونه شاهد خود و نمونه های مالچ پاشی شده با دوزهای مشابه با مقدار پاشش ۱۵ میلی لیتر، کاهش ۱۰۰ درصدی میزان فرسایش را نشان داده است.

جدول ۳. مقدار متوسط نفوذ مالچ در خاک بر حسب میلیمتر  
Table 3. Average amount of mulch penetration in soil in millimeters

مشخصه نمونه / مقدار پاشش	۱۵ mL	۲۵ mL
T <sub>w</sub>	۳/۲	۴/۳
T <sub>۱</sub>	۳/۲	۴/۳
T <sub>۲</sub>	۳/۲	۴/۲
T <sub>۳</sub>	۳/۱	۴/۱
T <sub>۴</sub>	۳	۳/۹
T <sub>۵</sub>	۲/۹	۳/۷
T <sub>۶</sub>	۲/۷	۳/۴
T <sub>۷</sub>	۲/۵	۳/۱

جدول ۴. درصد کاهش ضخامت لایه تثبیت شده در خاک پس از اتمام آزمایش فرسایش بادی و قرارگیری نمونه طی ۵ دقیقه در مقابل سرعت باد ۱۵ متر بر ثانیه

Table 4. Percentage reduction of stabilized layer thickness in soil after completion of wind erosion test and placing the sample for 5 minutes in front of wind speed of 15 meters per second

مشخصه نمونه / مقدار پاشش	۱۵ mL	۲۵ mL
T <sub>w</sub>	۸۱	۴۲
T <sub>۱</sub>	۸۱	۴۰
T <sub>۲</sub>	۸۱	۳۶
T <sub>۳</sub>	۸۰	۳۰
T <sub>۴</sub>	۷۹	۲۴
T <sub>۵</sub>	۷۶	۱۵
T <sub>۶</sub>	۷۳	۵
T <sub>۷</sub>	۶۹	۰

و همانند نمونه شاهد خود (تیمار شده با آب) می باشد. با افزایش غلظت مالچ به ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶ و ۰/۷ درصد مقدار نفوذ مالچ به ترتیب ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ میلی متر کاهش را نسبت به نمونه شاهد خود نشان می دهد.

با افزایش مقدار پاشش به ۲۵ میلی لیتر، مقدار نفوذ مالچ تهیه شده با غلظت ۰/۱ درصد، هیچ گونه تغییری نداشته و مشابه نمونه شاهد (آب خالص) خود بوده است. در اثر افزایش غلظت مالچ به ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶ و ۰/۷ درصد مقدار نفوذ مالچ نسبت به نمونه

با مالچ منتخب قبل و پس از انجام آزمایش فرسایش بادی نشان داده شده است.

۳-۴- تغییرات مقدار نفوذ مالچ و ضخامت لایه تثبیت شده خاک مقدار نفوذ مالچ در خاک برای غلظت ها و مقدار پاشش های مختلف در جدول ۳ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می شود با پاشش ۱۵ میلی لیتر از مالچ های تهیه شده با غلظت های ۰/۱ و ۰/۲ درصد، مقدار نفوذ مالچ در خاک هیچ گونه تغییری نداشته

جدول ۵. مقدار شوری، هدایت الکتریکی و pH خاک تثبیت شده با مالچ منتخب (غلظت ۰/۷ درصد، پاشش ۲۵ میلیلیتر)  
Table 5. Salinity, electrical conductivity and soil pH stabilized with selected mulch (concentration 0.7%, spraying 25 ml)

شوری خاک (g/L)	هدایت الکتریکی (EC) (mS/cm)	مقدار pH	مشخصات نمونه
۱/۲	۲/۴۷	۸/۱	نمونه تیمار شده با مالچ منتخب
۱/۲	۲/۴۰	۸/۱	نمونه تیمار نشده

و چسبندگی بیشتر بستر خاک، کمتر می باشد. همچنین با افزایش میزان پاشش علاوه بر افزایش عمق نفوذ مالچ، منافذ موجود در لایه سطحی خاک پر شده و لایه ای مستحکم تر در مقابل فرسایش بادی ایجاد می شود. مطابق با تحقیقات مشابه انجام شده توسط محققین دیگر، در تحقیق حاضر نیز با افزایش چسبندگی بین ذرات خاک مقدار مقاومت خاک در مقابل جریان باد افزایش یافته که در نتیجه ی آن میزان کاهش ضخامت لایه تثبیت شده خاک در مقابل جریان باد کمتر شده است [۱۸، ۲۴، ۲۸ و ۳۰].

۳-۵- تاثیر دما بر میزان فرسایش خاک تثبیت شده با مالچ گیاهی  
تاثیر دما بر فرسایش بادی نمونه خاک مالچ پاشی شده با مالچ منتخب (غلظت ۰/۷ درصد، پاشش ۲۵ میلی لیتر) در بازه دمایی ۱۹ تا ۵۰ درجه سانتی گراد (متناسب با میانگین و حداکثر مطلق دمای سالبانه منطقه مورد مطالعه) مورد بررسی قرار گرفت. تغییرات دما در بازه ی ۱۹ تا ۵۰ درجه سانتی گراد، هیچ گونه تاثیر منفی بر روی فرآیند تثبیت و در نتیجه میزان مقاومت خاک تیمار شده در برابر فرسایش بادی نداشت. نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات دیگر محققین که بر روی تاثیر دما بر مالچ های غیرزنده، شیمیایی و پلیمری مطالعه نموده اند، مطابقت دارد [۱۸ و ۳۹].

۳-۶- تاثیر مالچ بر مقادیر EC و pH خاک تثبیت شده  
هریک از گیاهان مختلف در خاک های با مقادیر pH و میزان شوری مخصوص به خود رشد می کند. پاشیدن مالچ می تواند موجب تغییر در مقدار این پارامترها در خاک و در نتیجه آسیب به گیاهان و یا جلوگیری از رشد و تکثیر آن ها در خاک تثبیت شده توسط مالچ شود. برای بررسی میزان تغییرات مقادیر pH و EC و میزان شوری

شاهد خود به ترتیب ۰/۱، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶، ۰/۹ و ۱/۲ میلی متر کاهش می یابد. همچنین با افزایش میزان پاشش، مقدار نفوذ آب خالص و مالچ های با غلظت های ۰/۱ تا ۰/۷ درصد نسبت به نمونه مشابه خود با مقدار پاشش کمتر به ترتیب ۲۶، ۲۴، ۲۳، ۲۲، ۲۱ و ۲۰ درصد، افزایش میزان نفوذ را نشان می دهد. به طور کلی با توجه به نتایج با افزایش مقدار پاشش میزان نفوذ مالچ در خاک بیشتر و با افزایش غلظت مالچ به دلیل افزایش لزجت محلول مقدار نفوذ آن در خاک کمتر می شود [۱۸، ۲۸ و ۳۰].

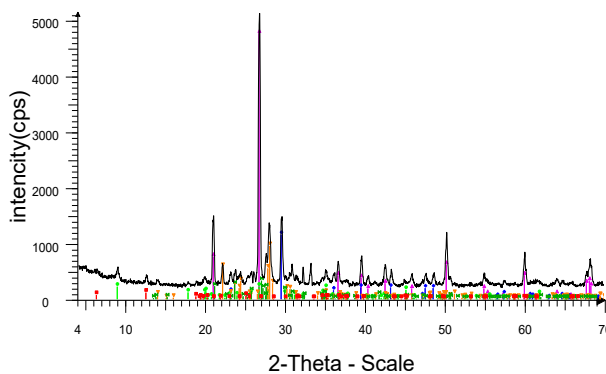
اندازه گیری های انجام شده به منظور تعیین مقدار درصد کاهش ضخامت لایه تثبیت شده طی استفاده از غلظت ها و پاشش های مختلف مالچ در جدول ۴ نشان داده شده است. براساس نتایج حاصل در صورت پاشش ۱۵ میلی لیتر مالچ با غلظت ۰/۱ و ۰/۲ درصد، مقدار کاهش ضخامت لایه تثبیت شده خاک در طی عمل فرسایش مشابه نمونه شاهد خود (آب خالص) می باشد. این در حالی است که با افزایش غلظت مالچ به ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶ و ۰/۷ درصد، مقدار ضخامت از دست رفته لایه تثبیت شده خاک به ترتیب ۱، ۲، ۵، ۸ و ۱۲ درصد کاهش را نسبت به نمونه شاهد خود نشان می دهد. با افزایش مقدار پاشش به ۲۵ میلی لیتر، مقدار کاهش ضخامت لایه تثبیت شده خاک توسط مالچ به غلظت ۰/۱ درصد، در طی عمل فرسایش هیچ گونه تغییری را نسبت به نمونه شاهد خود نداشته است. در اثر افزایش غلظت مالچ به ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶ و ۰/۷ درصد، میزان ضخامت از دست رفته لایه تثبیت شده نسبت به نمونه شاهد خود به ترتیب ۲، ۴، ۱۱، ۲۰، ۳۶ و ۴۲ درصد، کاهش می یابد.

براساس نتایج حاصل با افزایش غلظت مالچ، ضخامت از دست رفته لایه تثبیت شده خاک در طی فرسایش بادی خاک کمتر می شود. این مقدار کاهش در محلول های با غلظت بالاتر به علت افزایش مقاومت

جدول ۶. نتایج حاصل از آنالیز XRD خاک مورد مطالعه در دو حالت تیمار نشده و تیمار شده با مالچ منتخب (غلظت ۰/۷ درصد، مقدار پاشش ۲۵ میلیلیتر) بر حسب درصد

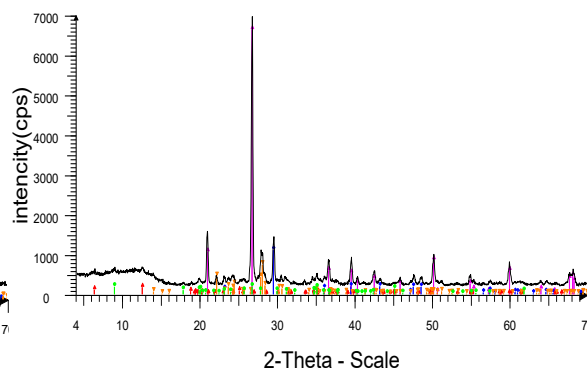
Table 6. Results of XRD analysis of the studied soil in both untreated and treated with selected mulch (concentration 0.7%, spraying amount 25 ml) in percentage

$KAlSi_3O_8$	$NaAlSi_3O_8$	$(Mg,Al)(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2$	$KAl_2Si_2AlO_7$	$CaCO_3$	$SiO_2$	
۹/۲	۲۶/۵	۳/۲	۶/۲	۱۶/۱	۳۸/۸	خاک تیمار نشده
-	۲۰/۶	۴/۸	۵/۲	۱۵/۴	۵۴	خاک تیمار شده با مالچ منتخب



Annalise - File: A1 861220.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 - End: 70.000 - Step: 0.030 - WL: 1.5406 - Hexagonal - a: 4.91344 - b: 4.91344 - c: 5.40524 - alpha: 90.000 - beta: 90.000 - gamma: 120.000  
 Operations: Import  
 46-1045 (\*) - Quartz, syn - SiO2 - Y: 83.10 % - d x by: 1 - WL: 1.5406 - H  
 20-0586 (\*) - Calcite, syn - CaCO3 - Y: 22.80 % - d x by: 1 - WL: 1.5406 - H  
 07-0202 (D) - Mesopitellite 2M1, syn - K4Si8O20(OH)2 - Y: 4.38 % - d x  
 24-0506 (C) - Clinoclchlore-1 ITMlb RG - (Mg5Al)(Si4Al4O10)(OH)8 - Y: 2.2  
 20-0554 (D) - Abite, ordered - NaAlSi3O8 - Y: 18.62 % - d x by: 1 - WL: 1

ب



Annalise - File: Mulch 970203.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 - End: 70.000 - Step: 0.030 - WL: 1.5406 - Hexagonal - a: 4.91344 - b: 4.91344 - c: 5.40524 - alpha: 90.000 - beta: 90.000 - gamma: 120.000  
 Operations: Import  
 46-1045 (\*) - Quartz, syn - SiO2 - Y: 95.42 % - d x by: 1 - WL: 1.5406 - Hexagonal - a: 4.91344 - b: 4.91344 - c: 5.40524 - alpha: 90.000 - beta: 90.000 - gamma: 120.000  
 07-0202 (D) - Mesopitellite 2M1, syn - K4Si8O20(OH)2 - Y: 2.69 % - d x by: 1 - WL: 1.5406 - Hexagonal - a: 5.18500 - b: 5.99500 - c: 20.00700 - alpha: 90.000 - beta: 90.000 - gamma: 120.000  
 24-0506 (C) - Clinoclchlore-1 ITMlb RG - (Mg5Al)(Si4Al4O10)(OH)8 - Y: 2.51 % - d x by: 1 - WL: 1.5406 - Triclinic - a: 5.34000 - b: 9.27000 - c: 14.36000 - alpha: 90.0  
 20-0554 (D) - Abite, ordered - NaAlSi3O8 - Y: 10.69 % - d x by: 1 - WL: 1.5406 - Triclinic - a: 8.13800 - b: 12.78900 - c: 7.15600 - alpha: 94.330 - beta: 116.600 - gamma: 101.000

الف

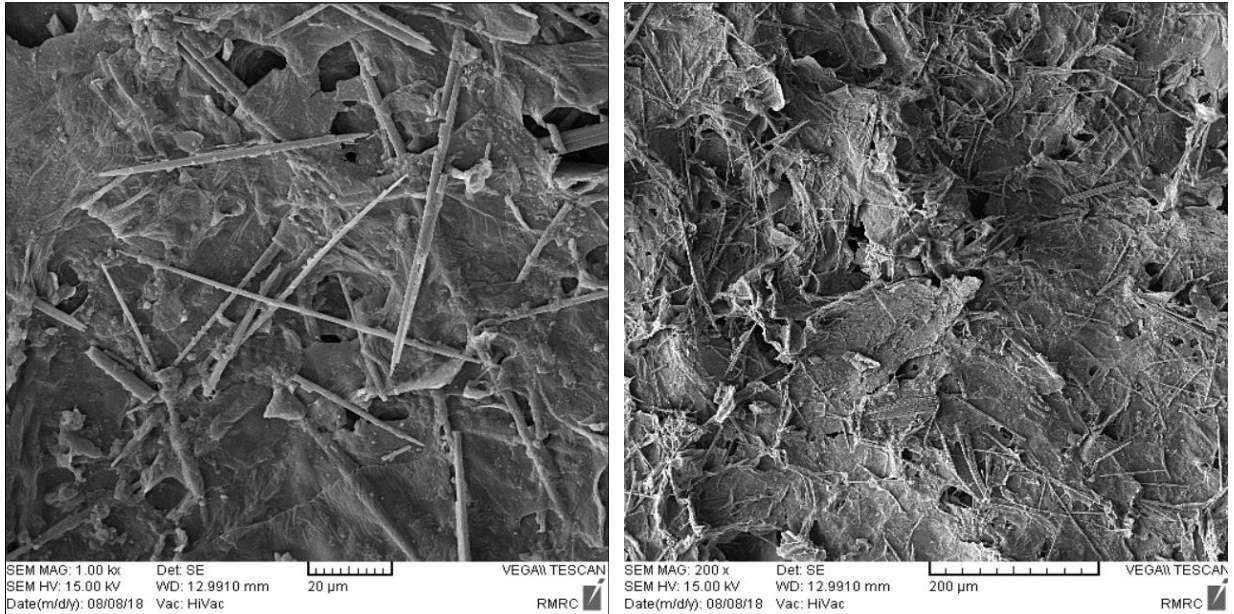
شکل ۹. آنالیز XRD، الف: نمونه خاک تیمار نشده، ب: نمونه خاک تیمار شده با مالچ منتخب (غلظت ۰/۷ درصد، پاشش ۲۵ میلیلیتر)  
 Fig. 9. XRD analysis, a. untreated soil sample, b. soil sample treated with selected mulch (concentration 0.7%, spraying 25 ml)

مقدار شوری و هدایت الکتریکی خاک مالچ پاشی شده با مالچ منتخب به ترتیب برابر با ۱/۲ گرم بر لیتر و ۲/۴۷ میلی زیمنس بر سانتی متر می باشد. با مقایسه این مقادیر با مقدار شوری و هدایت الکتریکی نمونه مالچ پاشی نشده (۱/۲ گرم بر لیتر و ۲/۴۰ میلی زیمنس بر سانتی متر)، هیچ گونه تغییر قابل توجهی در مقدار شوری و هدایت الکتریکی خاک پس از افزودن مالچ منتخب مشاهده نشده است. این نتیجه سازگاری زیست محیطی مالچ گیاهی مورد استفاده در این

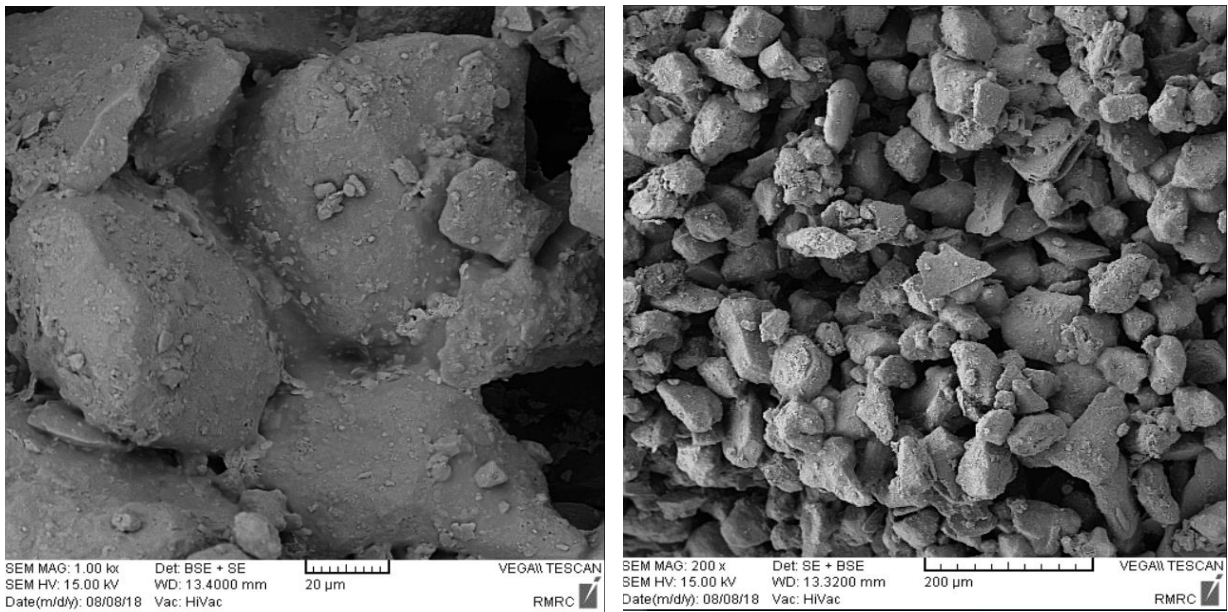
خاک، مقدار این سه پارامتر پس از عمل مالچ پاشی با مالچ منتخب (غلظت ۰/۷ درصد، پاشش ۲۵ میلی لیتر) مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج این آزمایش ها در جدول ۵ نشان داده شده است.

با توجه به جدول ۵، مقدار pH موجود در خاک مالچ پاشی شده با مالچ منتخب برابر با ۸/۱ می باشد. با مقایسه این مقدار با مقدار pH نمونه مالچ پاشی نشده (۸/۱)، هیچ گونه تغییری در مقدار pH خاک تثبیت شده با مالچ منتخب دیده نمی شود. هم چنین بر طبق جدول ۵





الف



ب

شکل ۱۰. نتایج آنالیز SEM: الف: نمونه مالچ پاشی شده با مالچ منتخب (غلظت ۰/۷ درصد)، ب: نمونه شاهد تیمار شده با آب خالص  
Fig. 10. Analysis results. SEM A. Mulch sample with selected mulch (concentration 0.7%), B. Control sample treated with pure water

تیمار شده با مالچ منتخب (غلظت ۰/۷ درصد، پاشش ۲۵ میلی لیتر) با استفاده از آنالیز XRD مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این آزمایش‌ها در شکل ۹ نشان داده‌است. افزایش درصد وزنی  $\text{SiO}_2$  (از ۳۸/۸ به ۵۴ درصد) در خاک پس از تیمار با مالچ را می‌توان چنین

تحقیق جهت تثبیت خاک را معلوم می‌سازد.

۳-۷- آنالیز XRD

ترکیب معدنی خاک مورد مطالعه در دو حالت تیمار نشده و

ایجاد یک لایه سطحی در خاک می شوند. لایه سطحی تثبیت شده در خاک همانند یک روکش عمل کرده و ضمن محافظت از لایه های تثبیت نشده زیرین باعث افزایش مقاومت خاک در مقابل فرسایش بادی می شود.

با توجه به نتایج به دست آمده به منظور جلوگیری از فرسایش خاک در مقابل باد با سرعت ۹ متر بر ثانیه می توان از مالچ با غلظت ۰/۲ درصد استفاده نمود. با افزایش سرعت باد به ۱۲ متر بر ثانیه، مالچ های با غلظت ۰/۲ تا ۰/۵ درصد دوام کافی را نداشته و برای جلوگیری از فرسایش خاک نیازمند استفاده از مالچ با غلظت ۰/۶ درصد می باشد. علی رغم مقاومت قابل توجه مالچ ساخته شده با غلظت ۰/۶ درصد در مقابل بادهایی تا سرعت ۱۲ متر بر ثانیه، این مالچ در مقابل بادهای با سرعت ۱۵ متر بر ثانیه مقاومت خود را تا حدودی از دست داده و مقداری فرسایش در خاک در این سرعت دیده می شود. مالچ منتخب با غلظت ۰/۷ درصد و به مقدار پاشش ۲۵ میلی لیتر می تواند میزان فرسایش بادی را در مقابل بادهایی تا سرعت ۱۵ متر بر ثانیه به صفر برساند. بر این اساس میزان گرد و غبار تولید شده نیز در نمونه تیمار شده با مالچ منتخب به صفر می رسد. این نتایج کارایی مالچ گیاهی ساخته شده با غلظت های مختلف را در کنترل فرسایش بادی نشان می دهد.

بر اساس نتایج حاصل از اندازه گیری میزان ضخامت لایه تثبیت شده قبل از انجام آزمایش فرسایش بادی و مقدار کاهش آن پس از اتمام آزمایش فرسایش بادی و قرارگیری نمونه های خاک در مقابل جریان باد با سرعت ۱۵ متر بر ثانیه، میزان ضخامت لایه تثبیت شده خاک با افزایش مقدار پاشش، بیشتر و با افزایش غلظت مالچ به دلیل افزایش لزجت محلول، کمتر می شود. این در حالی است که درصد کاهش ضخامت از دست رفته لایه تثبیت شده خاک پس از عمل فرسایش بادی با افزایش غلظت مالچ به علت افزایش مقاومت و چسبندگی بیشتر بستر خاک، کمتر می شود. همچنین با افزایش میزان پاشش علاوه بر افزایش عمق نفوذ مالچ، منافذ موجود در لایه سطحی خاک پر شده و لایه ای مستحکم تر در مقابل فرسایش بادی ایجاد می شود.

نتایج آنالیز XRD نشان داده است که افزودن مالچ به خاک باعث افزایش میزان کوارتز ( $\text{SiO}_2$ ) موجود در خاک شده و در نتیجه موجب افزایش مقاومت برشی خاک، بازده بالاتر در فرآیند تثبیت و

توجیه نمود که در اثر افزودن مالچ به خاک، پتاسیم و سدیم موجود در ارتوکلازها ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ )، آل بیت ( $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ) و مسکویت ( $(\text{OH})\text{KAl}_3\text{Si}_3\text{AlO}_{10}$ ) موجود در خاک در مالچ حل شده و نوع کانی تغییر یافته و در واقع از نظر وزنی، به بخش سیلیکات ها اضافه شده است. افزایش میزان کوارتز ( $\text{SiO}_2$ ) موجود در خاک موجب افزایش مقاومت برشی خاک، بازده بالاتر در فرآیند تثبیت و کمک به جامد سازی خاک گردیده است [۴۶]. همچنین براساس نتایج حاصل از آنالیز XRD مالچ مورد مطالعه کمترین تاثیر منفی را بر روی نوع و میزان عناصر موجود در خاک مورد مطالعه داشته است و هیچ گونه ماده سمی ای را در خاک مورد مطالعه ایجاد نکرده است. این موضوع سازگاری زیست محیطی این نوع مالچ را آشکار می سازد.

### ۳-۸- آنالیز SEM

تصاویر حاصل از آزمایش SEM بر روی نمونه ی تیمار شده با مالچ منتخب (غلظت ۰/۷ درصد) و نمونه ی شاهد نظیر آن (تیمار شده با آب)، در شکل ۱۰ آورده شده است. همانطور که مشاهده می شود پاشش مالچ منتخب (غلظت ۰/۷ درصد) بر روی خاک موجب اتصال ذرات خاک به هم و تشکیل یک لایه چسب مانند بر روی ذرات با اتصالات سوزنی شکل شده است. همچنین به طور واضح نقش پوشش مالچ مورد استفاده در چسباندن ذرات به یکدیگر و تشکیل لایه ای بر روی خاک توسط مالچ مشخص می شود. این در حالی است که با پاشش آب خالص بر روی خاک، پاشش آب موجب ایجاد چسبندگی ای ظاهری و بسیار کمی در خاک می شود که تغییرات چندانی در سطح خاک ایجاد نکرده و ذرات خاک همچنان به صورت گسسته باقی مانده است. مقایسه نمونه های تیمار شده با آب خالص به مقدار پاشش ۲۵ میلی لیتر و مالچ منتخب (غلظت ۰/۷ درصد) در شکل ۱۰ بیانگر تاثیر به سزای مالچ به کار رفته در تثبیت و چسباندن ذرات خاک به یکدیگر دارد.

### ۴- نتیجه گیری

به طور کلی نتایج بررسی تاثیر مالچ گیاهی ساخته شده از پودر ریشه گیاه سریش (*Eremurus Spectabilis*) بر میزان فرسایش بادی خاک ها نشان داد که مالچ های تهیه شده با غلظت های ۰/۱ تا ۰/۷ درصد پس از پاشش به درون ذرات خاک نفوذ کرده و باعث

- Proceedings of the Royal Society, 163 (1937) 250-264.
- [5] Y.I. Shiyatyy, A.B. Lavrovsky, M.I. Khmolenk, Effect of texture on the cohesion and wind resistance of fine Soil clods, *Soviet Soil Science*, 4 (1972) 12-105.
- [6] H. Refahi, *Wind erosion and control*, Tehran University Press. Tehran, Iran, 6 (2012) 320 (in Persian).
- [7] W.S. Chepil, Influence of moisture on erodibility of soil by wind, *Soil Science*, 20 (1956) 288-292.
- [8] M. Zhongju, D. Xiaohong, G. Yong, R. Xiaomeng, D. Yanlong, W. Meng, Interactive effects of wind speed, vegetation coverage and soil moisture in controlling wind erosion in temperature desert steppe, Inner Mongolia of China, 10(4) (2018) 534-547.
- [9] D.W. Armbrust, W.S. Chepil, F.H. Siddoway, Effect of ridges on erosion of soil by wind, *Soil Science*, 28 (1963) 557-560.
- [10] R.A. Bagnold, *The Physics of blown sand and desert dunes*, Chapman and hall Ltd, London, England, (1941).
- [11] W.S. Chepil, Dynamics of wind erosion: I. Nature of movement of soil by wind, *Soil Science*, 60 (1945) 305-320.
- [12] S.H. Mehrabi, S. Soltani, R. Jafari, Analyzing the Relationship Between Dust Storm Occurrence and Climatic Parameters, *Journal of Soil and Water Science*, 19(71) (2015) 69-80 (in Persian).
- [13] J. Gholami Tabas, M. Jafari, H. Azarniyond, Assessing the Implications of Planting *Haloxylon aphyllum* on the Vegetation and Soil Properties of Stabilized Sandy Desert (Samad Abad, Sarakhs), *Quarterly Journal of Environmental Erosion Researches*, 3(1) (2013) 35-44 (in Persian).
- [14] G.R. Tadayonfar, N. Shahmiri, Labor study of polymer effect on fine-grained soil stabilization and its role in reducing hazes in arid and semi arid areas, *Journal of Arid Regions Geographics Studies*, 5(19) (2015) 1-11 (in Persian).
- [15] M.Y. Yang, D.E. Walling, X.J. Sun, A wind tunnel experiment to explore the feasibility of using beryllium-7 measurements to estimate soil loss by wind erosion, *Geochemica et Cosmochimica Acta*. 114 (2013) 81-93.
- کمک به جامد سازی خاک شده است. هم‌چنین مالچ مورد مطالعه کمترین تاثیر منفی را بر روی نوع و میزان عناصر موجود در خاک مورد مطالعه داشته است، که این موضوع سازگاری زیست‌محیطی این نوع مالچ را نشان می‌دهد.
- نتایج آنالیز SEM به طور واضحی ایجاد یک لایه پوشش بر سطح خاک و ایجاد چسبندگی و پیوستگی بین ذرات خاک را در اثر استفاده از مالچ گیاهی معلوم می‌سازد. شایان ذکر می‌باشد که تاثیر مالچ در ایجاد لایه تثبیت‌شده بر سطح خاک در مقایسه با خاک آب‌پاشیده شده (نمونه شاهد) بیشتر روشن می‌شود.
- به‌طور کلی می‌توان چنین بیان نمود که مالچ گیاهی حاصل از پودر ریشه گیاه سریش با توجه به مزایای گیاه سریش از نقطه نظر اقتصادی و ملاحظات زیست‌محیطی شامل خودرو، مقاوم بودن در برابر کم‌آبی، ارزان و در دسترس‌پذیر بودن و هم‌چنین تهیه آسان مالچ از پودر ریشه گیاه مذکور و کارایی بالای مالچ تهیه‌شده از این گیاه در ایجاد پوشش مقاوم در سطح خاک در برابر فرسایش بادی، یک مالچ طبیعی با قابلیت بالا جهت تثبیت خاک‌های ریزدانه محسوب می‌گردد. با توجه به سازگاری این مالچ با محیط‌زیست پیشنهاد می‌شود به‌منظور بهینه نمودن شرایط اجرایی استفاده از این مالچ در طبیعت و مناطق با مشکل ریز گرد، تحقیقات اتی صورت پذیرد.

## مراجع

- [1] A. Jafari Shalkoohy, M. Vafaeian, M.A. Rowshanzamir, M. Mirmohammad sadeghi, Effective Factors in Fine-Grained Soil Stabilization to Prevent Dust Generation, *Journal of Water and Soil Science*, 19(73) (2015) 273-285 (in Persian).
- [2] A. Nohegar, F. Abbaszadeh, M. Akbarian, H. Hatami Gourbandi, Investigation of poly latise polymer capability in soil conservation against wind erosion, *environmental erosion researchs*, 25(3) (2011) 5-15 (in Persian).
- [3] M. Asgari, M. Aghayi Moghadam, F. Pour Asghar, Using Polyastis Polymer for Soil Conservation by Stabilizing Moving Sands and Dusts, *Environmental Researches*, 10 (2014) 119-128 (in Persian).
- [4] R.A. Bagnold, *The size-grading of sand by wind*,

- for Wind Erosion Control of Soils, *Journal of Water and Soil*, 25(3) (2011) 606-616 (in Persian).
- [26] S.A. Rezaei, Comparison between Polyaltice polymer and petroleum mulch on seed germination and plant establishment in sand dune fixation, *Iranian journal of Range and Desert Reseach*, 16(1) (2009) 124-136 (in Persian).
- [27] T. Jamili, Preparing eco-friendly mulch from sugar cane waste to stabilize moving sand of ahvaz, Master's thesis, Agricultural and Natural Resources University of Khuzestan, Khuzestan, Iran, (2013) (in Persian).
- [28] H. Majdi, M. Karimian, H.R. Karimzadeh. A. Jalalian, Effect of Different Clay Mulches on the Amount of Wind Eroded Materials, *Journal of Water and Soil*, 10(3) (2006) 137-149 (in Persian).
- [29] M. Shahnava, A. Gholami, M. Nourzadeh Haddad, E. Panahpoor, Study of Performance polymer and plant mulch to reduce soil loss in areas prone to wind erosion in Khuzestan, Iran, *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 48(3) (2017) 651-658 (in Persian).
- [30] P.R. Robichaud, J. Jennewein, B.S. Sharratt, S.A. Lewis, R.E. Brown, Evaluating the effectiveness of agricultural mulches for reducing post-wildfire wind erosion, *Aeolian Research*, 27 (2017) 13-21.
- [31] ASTM D422-63, Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils, ASTM International, West Conshohocken, 2007.
- [32] ASTM D422-63, Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils, ASTM International, West Conshohocken, 2005.
- [33] ASTM D2216-05, Standard Test Methods Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass, ASTM International, West Conshohocken, 2005.
- [34] ASTM D854-14, Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer, ASTM International, West Conshohocken, 2014.
- [35] APHA 209F, American Public Health Association, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 1998.
- [36] EPA SW-846, Environment Protection Agency, Soil and
- [16] S.F. Afzali, M.A. Koupayi Nia, Microscopic and macroscopic evaluation of some mulches (polymer mulch and mixed sand mulch, clay powders), Second National Conference on Sustainable Management of Soil and Environment Resources, Shahid Bahonar University, Kerman, Iran, (2016) (in Persian).
- [17] M. Monireh, H. Emami, A. Karimi, The effect of different mulches on the amount of soil erosion in time series, The first congress of water, soil and natural sciences, Shahid beheshty university, Tehran, Iran, (2018) (in Persian).
- [18] H. Ketabi, A. Fahmi, H. Samadi kafil, M. Hajjalilue Bonab, Stabilization of calcareous sand dunes using phosphoric acid mulching, *Journal of Arid Environments*, 148 (2017) 34-44.
- [19] Y.X. Zang, W. Gong, H. Xie, B.L. Liu, H.I. Chen, Chemical sand stabilization: a review of material, Mechanism and Problems *Environmental Technology Reviews*. 4 (2015) 119-132.
- [20] L. Van Paassen, Biogrout (Ground Improvement by Microbially Induced Carbonate Precipitation), Delft University of Technology, Netherlands, 2009, 1-230.
- [21] M. Maleki Kalker, S. Ebrahimi, F. Asadzadeh, M. Emami Tabrizi, Evaluation of the Efficiency of Microbial Induced Carbonate Precipitation for Loose Sand Dunes Fixation, *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 47(2) (2016) 407-415 (in Persian).
- [22] N. Moazemi, N. Beigi, B. Ranjpisheh, Comparison of mulch types on the stabilization of sandy soils, Third National Conference on Wind Erosion and Dust Storms, Yazd University, Yazd, Iran, (2013) (in Persian).
- [23] P. Kardavani, E. Alaei, S.R. Moshiri, N. Rahimi, Investigating the application of petroleum mulch in stabilization of sand and sand dunes in the development of vegetation in aran and bidgol region, *Quarterly Plant and Ecosystem*, 9(37) (2014) 101-112 (in Persian).
- [24] F. Hazirei, M. Zare Ernani, Investigation of Effect of Clay-Lime Mulch for Sand Dunes Fixation. *Journal of Water and Soil*. 27(2) (2013) 373-380 (in Persian).
- [25] M. Movahedan, N. Abbasi. M. Keramati, Experimental Investigation of Polyvinyl Acetate Polymer Application



- [42] B. Diouf, E.L. Skidmore, J.B. Layton, L.J. Hagen, Stabilizing fine sand by addin clay: laboratory wind tunnel stud, *Soil Technology*, 3(1) (1990) 21-31.
- [43] Q. Han, J. Qu, K. Zhang, R. Zu, Q. Niu, K. Liao, Wind tunnel investigation of the influence of surface moisture content on the entrainment and erosion of beach sand by wind using sands from tropical humid coastal southern China, *Geo orphology*, 104(3) (2009) 230-237.
- [44] S. Babakhani, H.R. Karimzadeh, Application of steel slag for stabilizing erodible soils (case study: harand area), *Journal of Desert management*, 2 (2013) 1-12 (in Persian).
- [45] Z. Han, T. Wang, Z. Dong, Y. Hu, Z. Yao, Chemical Stabilization of mobile dunefields along a highway in the Taklimakan Desert of China, *Journal of Arid Environments*, 68(2) (2007) 260-270.
- [46] A.R. Goodarzi, M. Zamanian, Effect of SiO<sub>2</sub> Nanoparticles and Cement on the Performance of Stabilized Ni-Contaminated Clayey Soils, *Amir Kabir Journal of Civil Engineering*, 49(4) (2018) 821-830 (in Persian).
- waste pH, 2004.
- [37] M.R. Ekhtesasi, F.S. Hazirei, Effects of cement mulch combinations on sand dunes fixation, *Journal of Range and Watershed Management*, 68(4) (2016) 739-750 (in Persian).
- [38] A. Amraei, B. Dahrazma, Stabilization of soil using plant mulch to control wind erosion (the studied plant species: *eremurus spectabilis*), *First National Conference on Geo-Environment*, fasa university, fasa, (2018) (in Persian).
- [39] M.A. Koupayi Nia, S.F. Afzali, Resistance Comparison of Some Mulches Against Heat, Leaching and Pressure, *Desers Management*, 3(5) (2015) 53-64 (in Persian).
- [40] SH. Pourakbar, A. Asadi, B. Huat, M.H. Fasihnikoutalab, Stabilization of clayey soil using ultrafine palm oil fuel ash and cement, *Transportation Geotechnics*, 3 (2015) 24-35 (in Persian).
- [41] H. Majidi, M. Karimian, H. R. Karimzadeh, A. Jalalian, Effect of different clay mulches on the amount of wind eroded materials, *Journal of Water and Soil Science*, 10(3) (2006) 137-149.

چگونه به این مقاله ارجاع دهیم

A. Amraei, B. Dahrazma, Evaluation of the vegetable mulch produced from *Eremurus spectabilis* on soil erosion control, *Amirkabir J. Civil Eng.*, 52(4) (2020) 989-1008.

DOI: [10.22060/ceej.2018.15149.5839](https://doi.org/10.22060/ceej.2018.15149.5839)



