

## بررسی رفتار مکانیکی ماسه‌بادی تحت تأثیر استفاده از

### خاک پوش‌های ملاس و لیکور سیاه

- ❖ **مریم ممبنی\***؛ دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
- ❖ **حمیدرضا عسگری**؛ دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
- ❖ **علی محمدیان بهبهانی**؛ استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
- ❖ **سلمان زارع**؛ استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
- ❖ **حسین یوسفی**؛ دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

#### چکیده

یکی از چالش‌های اصلی مدیریت تخریب سرزمین در مناطق خشک و بیابانی ایران، تثبیت ماسه‌های روان و کنترل گردوغبار است، به طوری که استفاده از انواع خاک‌پوش‌ها به خصوص خاک‌پوش‌های سازگار با محیط زیست، یکی از روش‌هایی است که به منظور تثبیت ماسه‌های روان به کار می‌رود. هدف از این تحقیق، بررسی امکان استفاده از پسماندهایی مانند لیکور سیاه و ملاس به عنوان خاک‌پوش جهت تثبیت ماسه‌های روان می‌باشد. به منظور آماده‌سازی بستر تیمارها در محیط آزمایشگاهی از ماسه‌های بادی بیابان ریگ‌بلند کاشان استفاده گردید. برای انجام آزمایش‌ها از سینی‌های فلزی با ابعاد  $100 \times 30 \times 2$  سانتی‌متر و جهت پاشش تیمارهای ملاس، لیکور سیاه و شاهد به صورت یک‌لایه و دولایه از پیستوله  $2/5$  لیتری استفاده گردید و تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. به منظور ارزیابی کارایی این مواد مقاومت فروری، مقاومت برشی در حالت اشباع و خشک و نفوذپذیری نسبت به آب اندازه‌گیری شد و داده‌ها با نرم‌افزار آماری مناسب مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج این پژوهش به صورت آزمایشگاهی نشان داده است که میزان مقاومت فروری خاک‌پوش‌های ملاس و لیکور سیاه دولایه به ترتیب  $9/8$  و  $7/8$  کیلو نیوتن بر مترمربع است. این دو نوع خاک‌پوش اختلاف معنی‌داری با یکدیگر و نیز با تیمار شاهد (آب) دارند. بیشترین مقاومت فروری و برشی مربوط به تیمار ملاس است به گونه‌ای که مقاومت فروری را  $9/8$  برابر و مقاومت برشی را  $14$  برابر نسبت به شاهد افزایش داد. سرعت نفوذ در خاک‌پوش لیکور یک‌لایه در مقایسه با خاک‌پوش ملاس و شاهد (آب)، دارای اختلاف معنی‌داری است در حالی که با افزایش ضخامت، سرعت نفوذ کاهش یافته است. بیشترین سرعت نفوذ مربوط به تیمار لیکور یک‌لایه است به گونه‌ای که سرعت نفوذ را  $0/4$  برابر نسبت به شاهد افزایش داد. مالچ ملاس به دلیل داشتن مقاومت فروری و برشی و نفوذپذیری مناسب بهترین نوع مالچ تشخیص داده شده است. از آنجاکه مواد به کار برده شده در این تحقیق از نوع مواد طبیعی و آلی می‌باشد و از سوی دیگر از مزیت‌های زیست‌محیطی، سهولت استفاده و در دسترس بودن منابع برخوردار است، با وجود این به منظور بهینه نمودن شرایط اجرایی، نیازمند آزمایش‌های بیشتر در مقیاس آزمایشگاهی و صحرایی است.

**کلید واژگان:** فرسایش، خاک‌پوش، ماسه‌های روان، مقاومت فروری، مقاومت برشی، نفوذپذیری.

## ۱. مقدمه

فرسایش بادی هر ساله سبب تخریب حدود ۵۰۰ میلیون هکتار از اراضی جهان (معادل ۴۶/۴ درصد از اراضی فرسایش یافته جهان) می‌گردد [۲۳] و بین ۵۰۰ تا ۵۰۰۰ مگا تن گردوخاک تولید می‌نماید [۴، ۲۳، ۳۱] و یک تهدید جدی برای کشاورزی پایدار [۳۶]، جاده‌های مواصلاتی [۱۵] و کانال‌ها و راه‌آهن، فرسایش خاک‌ها، تخریب آثار هنری، پُر کردن چاه‌ها و مخازن سدها و مدفون کردن ساختمان‌ها و تأسیسات صنعتی [۳۹] در بیشتر مناطق نیمه‌خشک جهان به شمار می‌رود. هر ساله اراضی زیادی در کشور در اثر فرسایش بادی و پیشروی بیابان قابلیت تولید خود را از دست می‌دهند. تثبیت ماسه‌های روان و جلوگیری از پیشروی آن‌ها از یک‌طرف و کاشت و رویش گیاهان مناسب از طرف دیگر، از جمله مهم‌ترین عوامل کاهنده تخریب حاصل از فرسایش بادی هستند [۲۴]. از این‌رو بسته به نوع و هدف پروژه‌ها، تقویت ویژگی‌های خاص خاک‌ها و افزایش مقاومت خاک در برابر عوامل فرساینده مورد توجه بوده و در این راستا روش‌های مختلف کنترل در برابر عوامل فرساینده باد مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌عنوان مثال در کنترل فرسایش بادی، روش‌هایی نظیر روش‌های بیولوژیکی (استفاده از گیاهان بومی منطقه به‌عنوان بادشکن)، روش‌های مکانیکی (حفر خندق، ساخت بادشکن غیرزنده) و تقویت پوشش سطحی با کاربرد تثبیت‌کننده‌های خاک نظیر خاک‌پوش‌های نفتی، پوشش سنگریزه‌ای، مواد پلیمری و... می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

استفاده از خاک‌پوش یکی از روش‌هایی است که به‌طور گسترده جهت کنترل فرسایش بادی و تثبیت ماسه‌های روان به کار می‌رود [۱] و مقاومت خاک را در برابر نیروهای برشی باد افزایش می‌دهند و از طریق افزایش چسبندگی ذرات خاک باعث بالا بردن اصطکاک بین ذرات خاک می‌شود [۸]. در طول نیم‌قرن گذشته، به‌منظور یافتن مواد و روش مناسب کنترل یا کاهش حرکت ماسه‌ها تثبیت‌کننده‌های گوناگونی مورد ارزیابی قرار گرفته است [۵، ۱۳، ۲۴، ۲۷، ۳۳، ۳۷، ۳۸، ۴۱]،

خاک‌پوش‌هایی از قبیل بیولوژیکی (رسوب میکروبی کربنات)، کلرید کلسیم و کلرید منیزیم، سربراره فولاد، پسماندهای نیشکر [۳، ۹، ۱۱]، پلی‌اکریل‌آمید، پلی‌اکریلیک اسید، فرآورده‌های سنگین نفتی، سنگریزه، لایه‌های نازک پلاستیک، پلی‌اتیلن، پلی‌وینیل استات، سوسپانسیون میکروسیلیس [۱۷]، سیمان و رس و آهک [۶] برای تثبیت ماسه‌های روان استفاده شده است [۱۶]. بهتر است از خاک‌پوش‌های دیگر که از قابلیت زیست‌سازگاری و طبیعی بودن برخوردارند، استفاده شود مانند پسماندهای نیشکر، سنگریزه‌ای، رسی-آهکی و غیره [۱۵]. لیکور سیاه محصول جانبی فرآیند کرافت کارخانه‌های چوب و کاغذ است و محلولی رقیق از باقیمانده‌های لیگنین، پلی‌ساکاریدها و مواد شیمیایی مورد استفاده در فرآیند تولید خمیر کاغذ است. تولید سالانه جهانی لیکور سیاه تقریباً ۵۰۰ میلیون تن است [۲۱]. رنگ سیاه لیکور به‌طور اساسی به علت وجود ترکیبات پیچیده حاصل از واکنش بین لیگنین و مواد شیمیایی پخته شده در طی فرآیند خمیرسازی است [۱۲]. همچنین مشتقات لیگنین نیز که در اثر تخریب و تجزیه لیگنین به وجود می‌آیند، از عوامل مهم تولید رنگ سیاه هستند. ماده جامد لیکور سیاه حاوی حدود ۷۰ درصد ماده آلی و ۳۰ درصد ماده غیر آلی است که بخش عمده ماده آلی آن را لیگنین تشکیل می‌دهد (۲۱). یکی از مشکلات اساسی این کارخانه‌ها، دفع این پساب می‌باشد که می‌تواند برای صنایع کاغذسازی مشکلات زیست‌محیطی فراوانی ایجاد کند هر چند مقداری از آن بازگردانی می‌شود و دوباره وارد فرآیند جداسازی مواد لیگنینی از الیاف می‌شود؛ اما نکته قابل توجه در این پساب وجود عناصری از قبیل سدیم، گوگرد و کربن می‌باشد. چنین به نظر می‌رسد که می‌توان این ماده را با توجه به وجود عناصر ذکر شده در آن به‌عنوان یک اصلاح‌کننده خاک استفاده کرد. ملاس نیز ماده نهایی تولیدشده در فرآیند قندسازی از نیشکر است. این ماده قهوه‌ای تا سیاه رنگ علاوه بر مقدار زیادی قند حاوی مواد ازته،

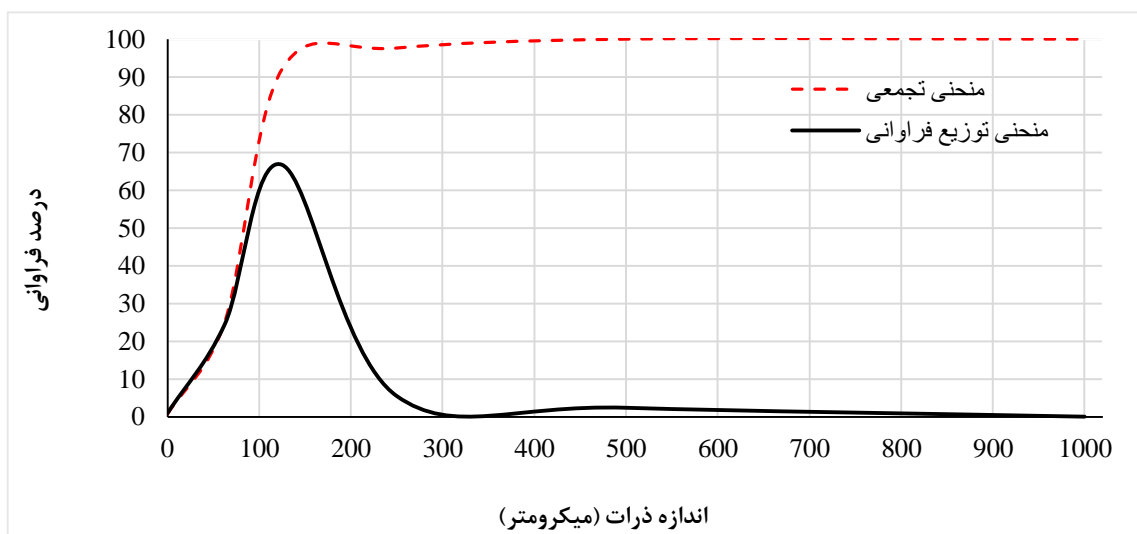
## ۲. روش شناسی

### ۱.۲. تهیه نمونه ماسه

نمونه ماسه از منطقه ریگ بلند کاشان در استان اصفهان برداشت شد. سپس در آزمایشگاه برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک از قبیل هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (EC) توسط دستگاه هدایت سنج [۲۶]، اسیدیته توسط pH متر [۳۰]، کربن آلی به روش والکلی و بلاک [۱۹]، نسبت جذب سدیم (SAR) از طریق اندازه‌گیری یون‌های کلسیم و منیزیم و سدیم محلول خاک با دستگاه فلیم فتومتر [۲۵] اندازه‌گیری شد. به‌منظور انجام عملیات دانه‌بندی از سری استاندارد ال‌ک بر اساس روش ASTM<sup>۱</sup> استفاده گردید. جهت تعیین خصوصیات دانه‌بندی نمونه‌های ماسه (میانگین، جورشدگی و کج‌شدگی) از نرم‌افزار GRADISTAT [۳۴] و SigmaPlat استفاده شد. نمونه‌های موردبررسی در این تحقیق دارای میانگین ترسیمی ذرات و قطر میانه برابر ۲/۹۹ بوده که جزء ماسه خیلی ریز محسوب می‌شوند. ذرات موردبررسی با جورشدگی متوسط، متقارن و بدون چولگی بوده است.

ویتامین‌ها و عناصر کمیاب و همچنین حاوی مقداری مواد معدنی (کلسیم، فسفر، پتاسیم، سدیم، تیامین، ریبوفلاوین، نیاسین و ویتامین) است. انواع ملاس شامل ملاس نیشکر، ملاس مرکبات، ملاس ذرت و ملاس چغندر می‌باشد، این ماده قهوه‌ای تا سیاه رنگ می‌باشد و معمولاً به ازای هر ۱۰۰ تن نیشکر حمل شده به کارخانه ۵-۲/۵ تن حاصل می‌گردد. ملاس با توجه به کربوهیدراتی که دارد ارزان‌ترین سوبسترای تخمیر محسوب می‌شود. ملاس در صنایع تخمیری تولید اتانل، گلیسرول، اسیدسیتریک و مخمر نانویی به‌عنوان یک منبع کربوهیدراتی کاربرد دارد [۲۰].

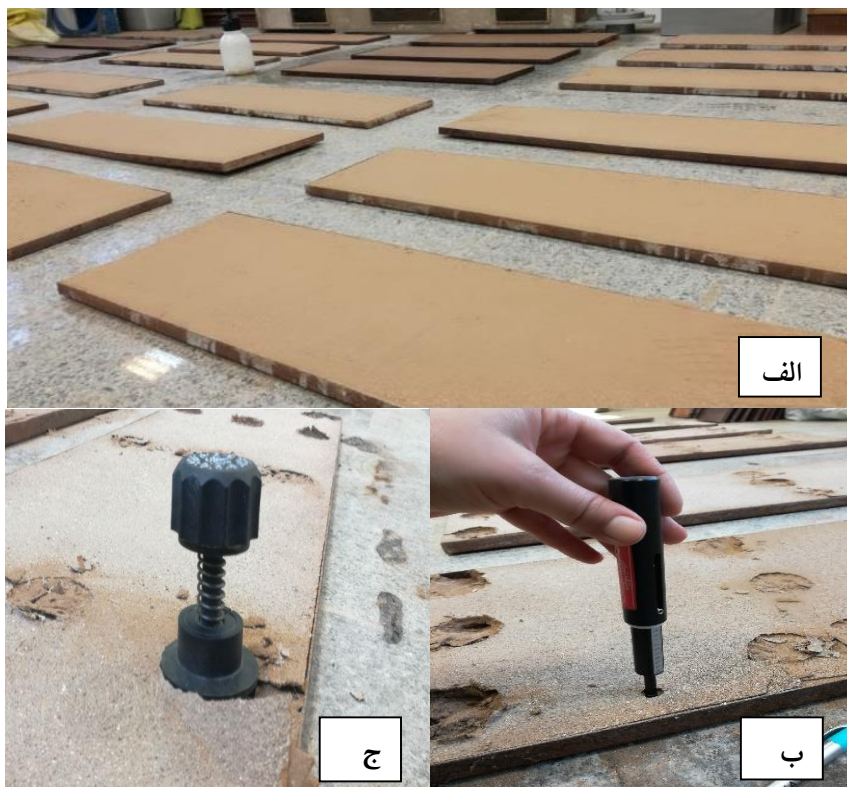
بنابراین با توجه به حجم بالای ضایعات نیشکر در کارخانه‌های تولید قند و کارخانه‌های تولید کاغذ فرض بر آن است که می‌توان از آن‌ها جهت تثبیت ماسه‌های روان استفاده نمود. با توجه به کاربرد خاک‌پوش‌ها در پژوهش‌های مختلف به‌عنوان کنترل‌کننده فرسایش بادی، لازم است تأثیر فیزیکی و مکانیکی آن‌ها بر سطح رسوبات بادی بررسی گردد. بدین منظور این پژوهش با هدف بررسی تأثیر دو خاک‌پوش ملاس و لیکور سیاه به‌عنوان پسماند، بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی رسوبات بادی جهت تثبیت ماسه‌های روان صورت گرفت.



شکل ۱. توزیع اندازه ذرات در نمونه منطقه مورد مطالعه

به مساحت ۰/۳ مترمربع مالچ‌پاشی صورت گرفت. نمونه‌ها پس از مالچ‌پاشی، به مدت ۵ روز در محیط آزمایشگاه خشک گردید. در تیمارهای دولایه، پس از خشک شدن لایه اول، لایه دوم به روش بالا بر روی سطح ماسه پاشیده شد و در نمونه شاهد، در سینی‌های جداگانه هم‌زمان با مالچ‌پاشی تیمارهای ملاس و لیکور سیاه، آب‌پاشی صورت گرفت، در نهایت جهت انجام آزمایش‌های فیزیکی مورد استفاده قرار گرفتند. در شکل (۲) نحوه آماده‌سازی سینی‌های آزمایش و دستگاه‌های مورد استفاده نشان داده شده است.

پس از انتخاب پسماندهای لیکور سیاه و ملاس به‌عنوان مواد اولیه خاک‌پوش و ماسه‌های روان به‌عنوان بستر مناسب، برای اعمال خاک‌پوش از سینی‌هایی از جنس فلزی با ابعاد ۲×۳۰×۱۰۰ سانتی‌متر استفاده شد. ماسه‌بادی را در داخل سینی‌ها ریخته و سطح آن‌ها یکنواخت گردید. برای پاشیدن یکنواخت محلول خاک‌پوش‌ها بر روی سطح ماسه از یک پیستوله با مخزن ۲/۵ لیتری استفاده گردید. بر روی هر سینی، مالچ لیکور سیاه و ملاس با غلظت ۱ درصد به ترتیب به مقدار ۱۲/۵ و ۱۵ گرم در ۵۰۰ میلی‌لیتر آب حل گردید و بر سطحی



شکل ۲. الف) آماده‌سازی سینی‌ها جهت پاشش خاک‌پوش (ب) دستگاه اندازه‌گیری فروسنج دستی (ج) دستگاه پره برشی

مقاومت فروروی خاک است [۷]. به‌منظور بررسی اثر خاک‌پوش‌های مختلف بر روی مقاومت به فروروی نمونه‌های ماسه از دستگاه فروسنج دستی استفاده می‌شود [۸، ۹]. با دستگاه پنترومتر (فروسنج) که دارای میله‌ای استوانه‌ای با نوک مسطح بوده و مقدار نیروی

۲،۲ اندازه‌گیری مقاومت فروروی و مقاومت

برشی سطح

یکی از روش‌های تجربی به‌منظور اندازه‌گیری مقاومت خاک و یا مقاومت مکانیکی ظاهری خاک، اندازه‌گیری

نوع خاک تغییر می‌کنند. با مشتق‌گیری از رابطه ۱ معادله سرعت نفوذ لحظه‌ای به صورت معادله زیر به دست می‌آید (رابطه ۲):

$$Z = ak^{a-1} \quad \text{رابطه ۲}$$

میانگین سرعت نفوذ یا سرعت نفوذ متوسط از آغاز اندازه‌گیری تا هر لحظه مشخص، از تقسیم نفوذ تجمعی بر زمان به دست می‌آید، بنابراین:

$$Z_{ave} = kt^{a-1} \quad \text{رابطه ۳}$$

که در آن  $Z_{ave}$  میانگین سرعت نفوذ بر حسب سانتی‌متر بر دقیقه است.

### ۴.۲. تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش‌های این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام گردید. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها ابتدا آزمون تجزیه واریانس به منظور بررسی وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها که شامل دو نوع خاک پوش در دو لایه خاک پوش (یک لایه و دو لایه) و یک تیمار شاهد (آب) در دو لایه انجام شد. در نهایت نتایج تغییرات نمونه‌های آزمایشی با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS20 بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۵ درصد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

### ۳. نتایج

جدول (۱) نتایج تعیین بافت و دیگر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک را نشان می‌دهد. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول (۲) نشان می‌دهد اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بین میزان مقاومت فروری، مقاومت برشی در حالت اشباع و خشک و نفوذپذیری نسبت به آب در خاک پوش‌های مختلف وجود دارد.

فشاری لازم برای فرو رفتن میله در خاک را نشان می‌دهد، مقاومت فروری لایه تشکیل شده در سطح خاک هر تیمار، در ۱۰ نقطه با پراکندگی یکسان، اندازه‌گیری شد. در این پژوهش، جهت اندازه‌گیری چسبندگی خاک پوش از پره برشی در شرایط اشباع و خشک استفاده شد. روش کار بدین صورت است که بعد از مالچ‌پاشی، زمانی که رطوبت در حد نزدیک اشباع است، پره برشی تا جایی که پره‌ها کاملاً در خاک قرار بگیرد، وارد می‌شود. سپس شروع به دوران پره برشی در جهت عقربه‌های ساعت کرده و تا برش گسیختگی خاک، حدود ۵ تا ۱۰ ثانیه طول می‌کشد. حداکثر مقدار تنش وارده روی صفحه مدرج در بالای پره برشی ثبت می‌گردد. این وسیله قادر به اندازه‌گیری تنش‌های بین صفر تا ۲۵۰ کیلوپاسکال می‌باشد [۱۰]. در حالت خشک نیز به همین ترتیب اندازه‌گیری مقاومت برشی در سه نقطه از هر تیمار صورت گرفت.

### ۳.۲. اندازه‌گیری میزان نفوذ آب

در این پژوهش از روش تک استوانه جهت اندازه‌گیری نفوذ استفاده شده است. به گونه‌ای که تا ارتفاع معینی ماسه درون حلقه ریخته شد سپس تیمارهای مختلف مالچ بر روی سطح ماسه پاشیده شد. جهت جلوگیری از دست‌خوردگی و برهم خوردن ساختمان خاک و مالچ مورد نظر از یک نایلون استفاده شد. سپس تا ارتفاع مشخصی آب درون حلقه ریخته شد و عمق آب نفوذ یافته بر حسب زمان اندازه‌گیری شد و با وارد کردن اطلاعات به نرم‌افزار MATLAB R2014a ضرایب معادله به دست آمد (a شیب خط و k محل تقاطع خط با محور نفوذ تجمعی است).

یکی از ساده‌ترین روابط در این زمینه، معادله کوستیاکف می‌باشد (رابطه ۱):

$$Z = kt^a \quad \text{رابطه ۱}$$

در این معادله Z عمق نفوذ تجمعی، t زمان نفوذ تجمعی و k و a پارامترهای تجربی می‌باشند که بسته به

جدول ۱. نتایج بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک مورد آزمایش

تعیین بافت خاک به روش هیدرومتری		
	۶۰	رس (/)
sandy	۵	سیلت (/)
	۸۹	ماسه (/)
خصوصیات شیمیایی ماسه‌بادی ریگ بلند کاشان		
۲/۹۴		EC(dS/m)
۷/۶		pH
۱/۹		SAR
۰/۸		(%) OM

جدول ۲. نتایج مقایسه ویژگی‌های فیزیکی در خاک‌پوش‌های مختلف با استفاده از آزمون دانکن

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات
مقاومت فروری	۵	۱۱/۸**
مقاومت برشی	۵	۶/۳**
نفوذپذیری	۵	۱۲/۰۹**

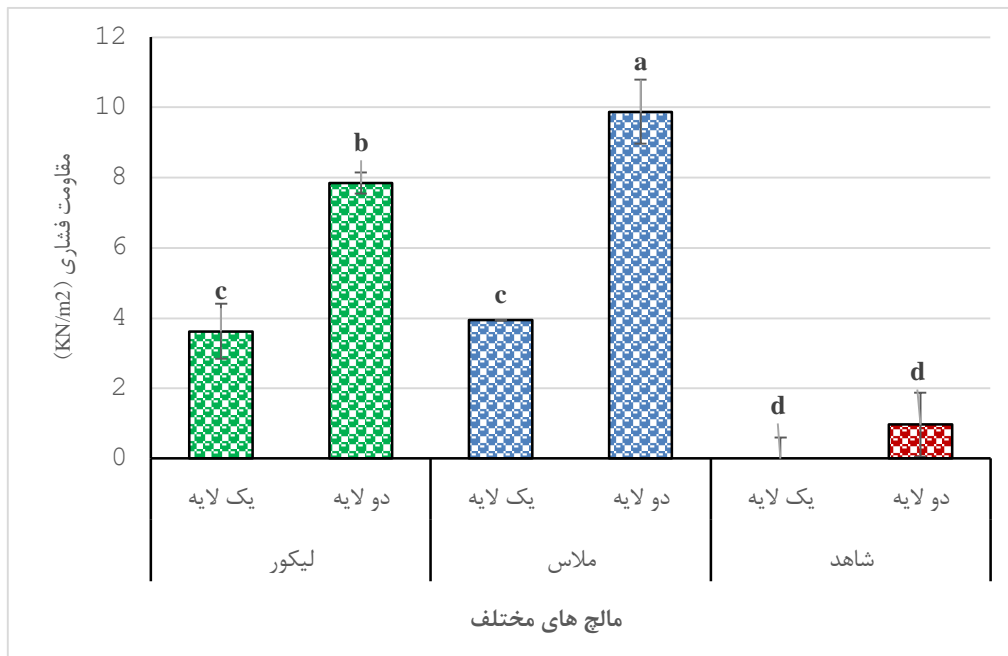
\*\* نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد

شاهد کمترین مقاومت برشی در حالت اشباع می‌باشند. در حالت خشک نیز خاک‌پوش ملاس دارای بیشترین مقاومت برشی می‌باشد. مقایسه میانگین مقاومت برشی نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری بین خاک‌پوش ملاس و خاک‌پوش لیکور و شاهد وجود دارد ولی اختلاف معنی‌داری در حالت خشک و اشباع مقاومت برشی تیمارها وجود ندارد (شکل ۵).

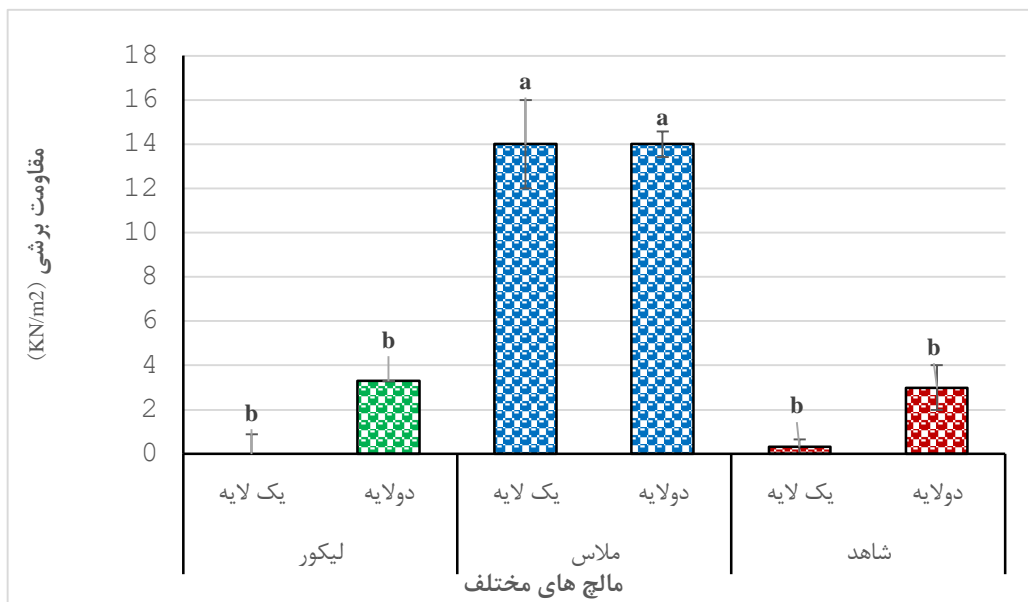
شکل (۶) میزان سرعت نفوذپذیری خاک‌پوش‌های مختلف نسبت به آب و جدول (۳) پارامترهای نفوذ مدل کوستیاکوف در خاک‌پوش‌های مختلف را نشان می‌دهد. سرعت نفوذ در خاک‌پوش لیکور یک‌لایه در مقایسه با خاک‌پوش ملاس و شاهد (آب)، دارای اختلاف معنی‌داری است در حالی که با افزایش ضخامت، سرعت نفوذ کاهش یافته است. سرعت نفوذ در خاک‌پوش لیکور، ملاس و شاهد یک‌لایه به ترتیب ۵/۸، ۳/۸ و ۵/۴ سانتی‌متر بر

شکل (۳) میزان مقاومت فروری خاک‌پوش‌های مختلف را نشان می‌دهد. میزان مقاومت فروری خاک‌پوش‌های ملاس و لیکور سیاه دولایه به ترتیب ۹/۸ و ۷/۸ کیلو نیوتن بر مترمربع است. این دو نوع خاک‌پوش اختلاف معنی‌داری با یکدیگر و نیز با شاهد (آب) دارند. به طوری که خاک‌پوش ملاس دولایه ۹/۸ برابر و لیکور سیاه ۷/۸ برابر مقاومت فروری را در مقایسه با شاهد افزایش داد. تأثیر نوع خاک‌پوش بر میزان مقاومت برشی خاک‌پوش‌ها در حالت اشباع در شکل (۴) نشان داده شده است. با توجه به شکل (۵) میزان مقاومت برشی در حالت اشباع خاک‌پوش‌های دولایه ملاس، شاهد (آب)، لیکورسیاه و یک لایه ملاس، شاهد (آب) و لیکور سیاه به ترتیب برابر با ۱۴، ۳، ۳/۳ و ۱۴، ۰/۳۳ و صفر کیلو نیوتن بر مترمربع است؛ که در آن خاک‌پوش ملاس (یک‌لایه و دولایه) دارای بیشترین مقاومت برشی و لیکور به همراه

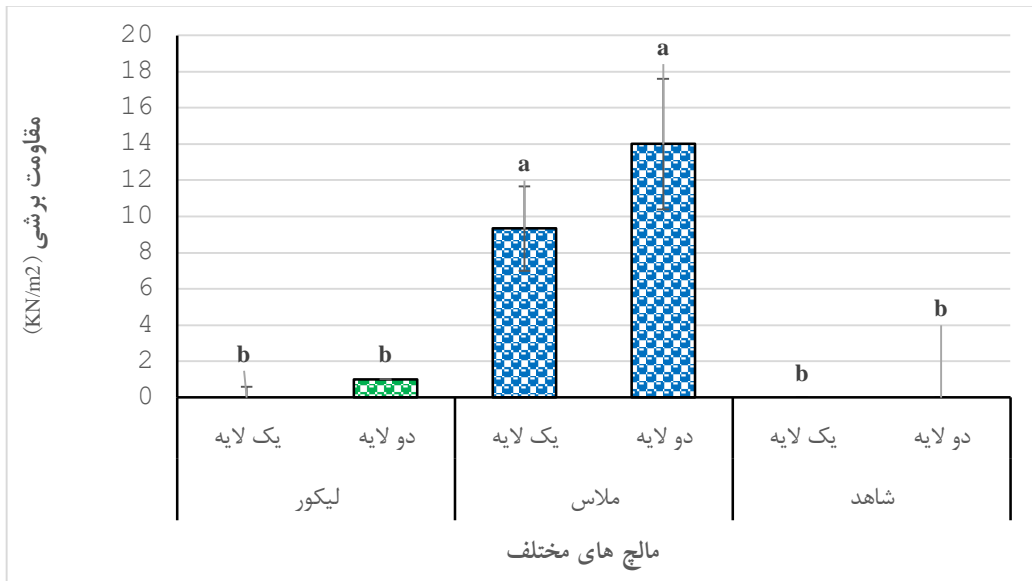
دقیقه و با افزایش ضخامت به ترتیب خاک‌پوش لیکور، ماس و شاهد دولایه دارای سرعت نفوذی برابر ۳/۷، ۴/۲ و ۵/۲ سانتی‌متر بر دقیقه می‌باشند.



شکل ۳. نمودار مقایسه میانگین مقاومت فروری در تیمارهای مختلف



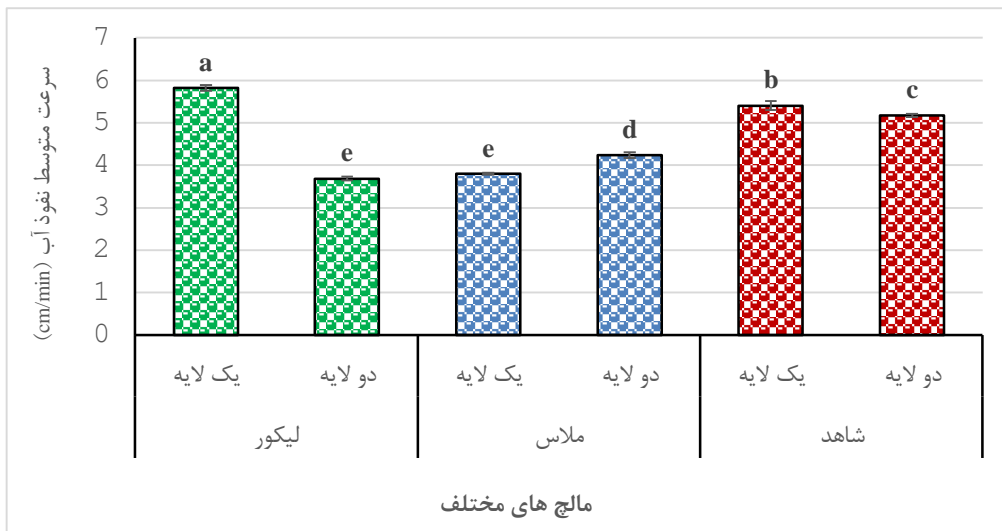
شکل ۴. نمودار مقایسه میانگین مقاومت برشی در حالت اشباع در تیمارهای مختلف



شکل ۵. نمودار مقایسه میانگین مقاومت برشی در حالت خشک در تیمارهای مختلف

جدول ۳. پارامترهای نفوذ مدل کوستیاکوف در خاک پوش‌های مختلف

k	a	نوع خاک پوش	
۲۷/۹	۰/۴۸۴۶	لیکور سیاه	یک لایه
۵۷/۴۵	۰/۱۳۹۷	ملاس	
۳۴/۷۶	۰/۴۰۱۶	شاهد (آب)	
۲۷/۸۲	۰/۴۱۰۹	لیکور سیاه	دو لایه
۵۳/۴۸	۰/۲۱۰۳	ملاس	
۳۴/۷۰	۰/۳۹۹۷	شاهد (آب)	



شکل ۶. نمودار مقایسه میانگین سرعت متوسط نفوذ آب در تیمارهای مختلف



#### ۴. بحث و نتیجه‌گیری

نوع و ترکیب خاک‌پوش مهم‌ترین عواملی هستند که مقاومت خاک‌پوش را در برابر تنش‌های وارد شده تعیین می‌کنند. مقاومت‌های برشی و فروروی از مهم‌ترین رفتارهای مکانیکی خاک به شمار می‌روند [۲۹]. آزمایش‌های انجام‌شده بر روی ماسه‌های ریگ بلند کاشان نشان داد که وجود پوشش خاک‌پوش منجر به افزایش مقاومت برشی و فروروی شده است. به طوری که با افزایش لایه به هر کدام از تیمارها، مقدار مقاومت فروروی و مقاومت برشی افزایش پیدا کرده است. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری این پژوهش تأیید نمود بین مقاومت فروروی و مقاومت برشی تیمار شاهد و تیمار خاک‌پوش‌ها در سطح ۹۵ درصد تفاوت معنی‌دار وجود دارد، بنابراین خاک‌پوش‌ها نقش مؤثری در افزایش مقاومت فروروی و مقاومت برشی ماسه دارند. میزان مقاومت فروروی و برشی تیمار ملاس و لیکور سیاه نیز نشان می‌دهد که این دو خاک‌پوش اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد با هم دارند. بیشترین مقاومت فروروی و برشی مربوط به تیمار ملاس است به گونه‌ای که مقاومت فروروی را ۹/۸ برابر و مقاومت برشی را ۱۴ برابر نسبت به شاهد افزایش داده است. هنگامی که چسبندگی افزایش می‌یابد، ویژگی‌های ذرات منفرد کم اهمیت می‌شوند و مقاومت برشی خاک چسبنده می‌تواند جداسازی ذرات خاک را تحت تأثیر قرار دهد [۳۵]. ملاس به دلیل خاصیت چسبندگی و خواص شیمیایی از جمله pH (۵/۳) و EC (۲/۹) مناسب می‌تواند به صورت ترکیبی با سایر خاک‌پوش‌ها استفاده گردد تا علاوه بر افزایش چسبندگی ذرات به همدیگر سبب بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی ماسه گردد. [۶] و [۲۸، ۲۹] افزایش مقاومت فروروی خاک را هم‌زمان با افزایش ضخامت آن نشان دادند. [۳] و [۹] نیز نشان دادند که اثر متقابل خاک‌پوش‌های مختلف و لایه بر میزان مقاومت برشی و فروروی در سطح ۱ درصد معنی‌دار است، به طوری که در این تحقیق نیز افزایش ضخامت باعث افزایش مقاومت برشی و مقاومت فروروی

ماسه شده است، افزایش ضخامت خاک‌پوش باعث نفوذ بیشتر ذرات آن در بستر ماسه می‌شود [۱۱]. [۳۹] نیز نشان داد اندازه‌گیری‌های مقاومت فروروی مالچ رزین، پلیمری، نفتی، معدنی و بیوپلیمری به ترتیب بیشترین مقاومت را نسبت به سایر مالچ‌ها و نمونه شاهد داشتند. بنابراین مقاومت برشی لایه رویی خاک می‌تواند همان مقاومت اصطکاکی ناشی از لغزیدن ذرات روی همدیگر، حرکت غلتک مانند بین دانه‌های مجاور و قفل شدن دانه‌ها در یکدیگر باشد. همین‌طور پیوندهای شیمیایی بین ذرات رس خاک باعث چسبندگی و مقاومت در برابر نیرو و تنش وارده می‌گردد [۳۲]. افزایش مقاومت لایه سطحی خاک در مقابل تنش برشی جریان باد، عاملی کلیدی در کاهش فرسایش‌پذیری است. از این رو، اساس بسیاری از روش‌های کنترل فرسایش خاک مورد استفاده در حال حاضر، مبتنی بر تثبیت و تقویت خصوصیات سطحی خاک است. در این رابطه، شکل‌گیری پوسته فیزیکی به شدت می‌تواند خطر فرسایش بادی را کاهش دهد [۱۴]. نتایج پژوهش حاضر به صورت آزمایشگاهی نشان داده است که افزایش ملاس موجب افزایش مقاومت برشی و فروروی گردیده است و می‌تواند شرایط قابل قبولی را از نظر مقاومت برشی و فروروی در سطح تپه‌های ماسه‌ای ایجاد کند.

مناطق بیابانی با کمبود آب و رطوبت مواجه است و به محض ورود آب، تبخیر شده و یا با سرعت زیاد به درون ماسه‌ها نفوذ کرده و از دسترس گیاه خارج می‌شود، بنابراین سرعت نفوذ مناسب و نگهداشت آب قابل دسترس گیاه ضروری می‌باشد. به موجب این آزمایش سرعت نفوذپذیری آب در شاهد بیش از ۵ سانتی‌متر بر دقیقه می‌باشد. این ضریب در نمونه‌های مالچ ملاس و لیکور سیاه با اختلاف کمی در حد سرعت نفوذپذیری در ماسه بود که حکایت از این دارد که این ماده هیچ‌گونه اثر منفی معنی‌داری در کاهش سرعت نفوذپذیری ایجاد نمی‌کند؛ که با نتایج [۲۳] و [۷] هم‌خوانی دارد. نتایج این پژوهش به صورت آزمایشگاهی نشان داده است که استفاده از ملاس و لیکور موجب افزایش مقاومت

## ۲. پیشنهادهای کاربردی

- از آنجاکه ممکن است نتایج آزمایشگاهی به دلیل شرایط کنترل شده و احتیاط بیشتر در پاشش مالچ‌ها، با نتایج مطالعات گسترده در سطح عرصه تفاوت داشته باشد، پیشنهاد می‌گردد جهت اعتباردهی به نتایج بررسی‌های آزمایشگاهی، آزمایش‌های مشابهی در سطح عرصه‌های طبیعی صورت گیرد.

- لیکور سیاه پساب فرایند کرافت کارخانه‌های چوب و کاغذ است. این ماده به علت رنگ سیاه آن به این نام معروف شده است. یکی از مشکلات اساسی این کارخانه‌ها، دفع این پساب می‌باشد که می‌تواند برای صنایع کاغذسازی مشکلات زیست‌محیطی فراوانی ایجاد کند هر چند مقداری از آن بازگردانی می‌شود و دوباره وارد فرآیند جداسازی مواد لیگنینی از الیاف می‌شود؛ اما نکته قابل توجه در این پساب وجود عناصری از قبیل سدیم، گوگرد، کربن، هیدروژن و اکسیژن می‌باشد. چنین به نظر می‌رسد که می‌توان این ماده را با توجه به وجود عناصر ذکر شده در آن به عنوان یک اصلاح‌کننده خاک استفاده کرد؛ اما از سوی دیگر با توجه به این که لیکور سیاه پساب صنعتی است انتظار می‌رود که دارای عناصر سنگینی باشد که از لحاظ زیست‌محیطی و جنبه‌های سلامت مضر باشند. استفاده به جا و مناسب بر اساس تحقیقات علمی می‌تواند نه تنها راهی را برای دفع مطمئن این پساب فراهم کند بلکه می‌تواند آن را به یک ماده آلی مناسب جهت بهبود خصوصیات کیفی خاک تبدیل کند.

## سپاسگزاری

این تحقیق در قالب طرح پژوهشی مصوب شماره (۹۷۰۰۹۲۹۱) و با حمایت صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور انجام شده است. نویسندگان بر خود لازم می‌دانند مراتب سپاسگزاری خود را از آن صندوق محترم، اعلام نمایند.

فروروی و برشی گردیده است و افزودن لیکور باعث افزایش سرعت نفوذ گردیده است و می‌تواند در تثبیت ماسه‌های روان مؤثر باشند. در این تحقیق مالچ ملاس به دلیل داشتن مقاومت فروروی و برشی و نفوذپذیری مناسب بهترین نوع مالچ تشخیص داده شده است. از آنجاکه مواد به کار برده شده در این تحقیق از نوع مواد طبیعی و آلی می‌باشد و از سوی دیگر از مزیت‌های زیست‌محیطی، سهولت استفاده و در دسترس بودن منابع برخوردار است، با وجود این به منظور بهینه نمودن شرایط اجرایی، نیازمند آزمایش‌های بیشتر در مقیاس صحرایی است.

## پیشنهادها

### ۱. پیشنهادهای پژوهشی

- ملاس به دلیل خاصیت چسبندگی و خواص شیمیایی (pH و EC) مناسب می‌تواند به صورت ترکیبی با سایر مالچ‌ها استفاده گردد تا علاوه بر افزایش چسبندگی ذرات به همدیگر سبب بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی ماسه گردد.

- در این پژوهش برخی از شاخص‌ها و معیارهای مربوط به مالچ‌ها مورد بررسی قرار گرفت. از آنجاکه برای تعیین عملکرد و مناسب بودن مالچ‌ها معیارهای دیگری نیز وجود دارد که برای هر موقعیتی در نظر گرفته می‌شوند، پیشنهاد می‌گردد که مواردی مانند ماندگاری و وضعیت پایداری مالچ‌ها در بازه‌های زمانی مختلف، مقاومت مالچ‌ها در برابر تنش‌های سرما و گرما، اشعه ماوراءبنفش خورشید و شستشوی مالچ به وسیله آب نیز مورد بررسی قرار گیرد.

- پیشنهاد می‌گردد مالچ‌ها با غلظت بیشتر (غلظتی بیشتر از ۰/۳) نیز مورد بررسی قرار گیرند.

- پیشنهاد می‌گردد که مقدار سطوح بیشتر نیز مورد بررسی قرار گیرند.

## References

- [1] Ahmadi H. Ekhtesasi M.R., Feiznia S. and Ghanei Bafghi M.J. (2002). Control methods of wind erosion for Railroads protection (Case study: Bafgh Region). *Iranian Journal of Natural Resources*. 55(3): 327-339.
- [2] Ekhtesasi, MR. (2009). Wind erosion and its control methods. Textbook of the Faculty of Natural Resources and Desertology. Yazd University.
- [3] Faramehr, F, Khalili Moghaddam, B, Shahbazi, A and Rahnama, M. (2015), Comparison of the Effectiveness of [4] Nature-Based Mulches in Stabilization of Ahwaz Fluid Sand, *Journal of Soil Research (Soil and Water Sciences)*, 29 (4): 463-474.
- [5] 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.
- [6] Hagen, L.J. (2010). Erosion by wind: Modeling. In: Lal, R. *Encyclopedia of Soil Science*. 2nd ed, London: Taylor and Francis publishers.
- [7] Hazireii, F and Zare Arnani, M. (2013). Investigation of the Effect of Clay-Lime Mulch on the Stabilization of Sand dunes, *Journal of Water and Soil (Agricultural Science and Technology)*, Volume 27, Number 2, pp. 380-373.
- [8] Han, Z., Wang, T., Dong, Z., Hu, Y., Yao, Z. (2007). Chemical stabilization of mobile dune fields along a highway in the Taklimakan desert of China. *Journal Arid Environment*, 68: 260-270.
- [9] Jamili, T, Khalili Moghaddam, B and Shahbazi, A. (2015). Investigation of water holding capacity of sugarcane mulches for stabilization of Ahwaz wet sand, *Journal of Water and Soil (Agricultural Science and Technology)*, 29 (5): 1287-1278 .
- [10] JamshidSafa, M., Khalili Moghadam, B., Jafari, S and Ghorbani Dashtaki, Sh. (2015). Investigating of filter cake as adopted enviromental mulch using for sand dune stabilization in Ahvaz. (*Agricultural Scientific Journal*), 38 (1): 42-29.
- [11] Khalili Moghadam B. Afyuni, M. Jalalian, A. Abbaspour K. C., and Dehghani A. A. (2011). Estimation Surface Soil Shear Strength by Pedo-Transfer Functions and Soil Spatial Prediction Functions. *Journal of Water and Soil*. 25(1): 187-195.
- [12] Khalili Moghadam, B., Jamili, T. Nadian, H and Shahbazi, E. (2015). The influence of sugarcane mulch on sand dune stabilization in Khuzestan, the southwest of Iran, *Iran Agricultural Research* (2015) 34(2) 71-80.
- [13] Kreetachat, T., Damrongsri, M., Punsuwon, V., Vaithanomsat, P., Chiemchaisri, C., and Chomsurin, C. (2006). Effects of ozonation process on lignin-derived compounds in pulp and paper Mill Effluents. *J. Biochemica Engineering*, 35: 365-370.
- [14] 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.
- [15] Maleki Kakler, M., Ebrahimi, S., Asadzadeh, F and Emami Tabrizi, M. (2016). Evaluation of microbial deposition efficiency of carbonate for stabilization of sand dunes. *Iranian Soil and Water Research*, 47 (2): pp. 415-407.
- [16] Mohammadian Behbahani, A and Faraji, M. (2009). Estimation of Damage from Wind Erosion and Dust Storms on Yazd-Maybod Road, Fifth National Conference on Watershed Management Science and Engineering of Iran.
- [17] Mombeni, M, Asgari, H. R. Mohamadian Behbahani, A and Yousefi, H. (2018). A review of the Mechanism of Stabilizing the Effects of Mulch on the Movement of Sandy Soils, *Extension and Development of Watershed Management*, Vol. 6, No. 23, 8-23.
- [18] Naghizade Asl, F, Asgari, HR, Emami, H and Jafari, M. (2019). Combined effect of micro silica with clay, and gypsum as mulches on shear strength and wind erosion rate of sands, *International Soil and Water Conservation Research*, 1-7p.
- [19] Naghizade asl, F., Asgari, H.R., Emami, H and Jafari, M. (2017). Stabilization of drifting sands using micro silica-lime-clay mixture as a mulch, *Arabian Journal of Geosciences* 10:536, 8 p.

- [20] Nelson D.W. and Sommers L.P. (1982). Total carbon, organic carbon and organic matter. In: *Methods of Soil Analysis: Part 2* (ed.A.L. Page), pp.539–579. *Agronomy Handbook No 9*, American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, WI.
- [21] Nikkhah, Sh and Sharaei, P. (2000) *Waste Management of Sugar Factory (Malasses)*, Third National Conference on Environmental Health. 6 p.
- [22] Rastegarfar, N, Behrouz, R and Bahrami Far, N. (2011). Phenol and dye removal from black liquor pulp process by Al-Karokwagolation, *Water and Wastewater*, No. 2, 45-52.
- [23] Reafahi, H. (2012). *Wind Erosion and Its Control*, Tehran University Press, 320 pages.
- [24] 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.* V 19, Part B, Pages 163-170
- [25] Rezaei, S.A. (2010). Comparison of Effects of Lattice Polymer and Petroleum Mulch on Seed Germination and Plant Establishment in order to Biological Stability Of Sand Dunes. *Iranian journal of range and desert research*; 16 (1): 124-136.
- [26] Rezai, KH. (2016). Classification and Determination of Erodibility Indices of Varamin South-East Marl Using Rain Simulator, *Geographical Studies of Arid Regions*, 7 (26): 38-53.
- [27] Rhoades J. D. (1996). *Methods of soil analysis. Salinity: Electrical Conductivity and Total Dissolved Solid. Part 3- Chemical Methods*. In: sparks, D. L. (Ed). *Soil Sci. Soc. Am. Inc. Book series*, No. 5, Madison, WI. ISBN: 0-89118-825-8. 417-435.
- [28] 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.
- [29] Sabzi, M., Asgari, H. R and Afzali, S. F. (2018). Assessment Sugar Factories Wastes' Performance on Wind Erosion Control, *Pollution*, 4(3): 539-546.
- [30] Sabzi, M., Asgari, H. R and Afzali, S. F. (2017). Effectiveness of Biological Mulch Types on Sand Dune Stabilization, *Watershed Research*, 117, 83-93.
- [31] Thomas G. W. (1996). Soil pH and soil Acidity. In: sparks, D. L. (Ed). *Methods of soil analysis. Part 3- Chemical Methods*. *Soil Sci. Soc. Am. Inc. Book series*, Madison, WI. No. 5. pp: 475-490.
- [32] United Nations Environment Program (UNEP) and International Soil Research Information Center (ISRIC), 1990. *World map of the status of human induced soil degradation*.
- [33] Vafa'ian, M. (1997). *Soil Engineering Properties*, Arkan Publishing, Isfahan.
- [34] 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.
- [35] Wachecka-Kotkowska, L., and Kotkowski. P. (2011). Grain-size distribution analysis of Quaternary sediments from the southern part of the Lodz region in Poland: a computational-methods approach. *Geologos*. 17(4): 205-219.
- [36] Wang, H., L., Zhang, W. Dawes, R. C. (2001). Improving water use efficiency of irrigated crops in the north China plain-measurements and modeling, *Agricultural Water Management*, 48: 151–167.
- [37] Warren, A. (2007), Sustainability: A view from the wind-eroded field, *Journal of Environmental Sciences* 19:470–474.
- [38] 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.
- [39] Yang, K. and Zejun, T. (2012). Effectiveness of fly ash and polyacrylamide as a sand-fixing agent for wind erosion control. *Water Air. Soil Pollution*, 223: 4065–4074.

- [40] Zare, S. (2016). Study of Effectiveness and Performance of Razin, Biopolymer and Mineral Mulches for Sand Dunes Fixation and Feasibility Study of Its Replacement instead of Petroleum Mulch. Ph.D. Thesis of Combating Desertification, Faculty of Natural Resources, University of Tehran. 550 pages.
- [41] 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, 438-449.
- [42] Zribi W., Aragüés R., Medina E and Faci J.M. (2015), Efficiency of inorganic and organic mulching materials for soil evaporation control, Soil & Tillage Research, 148: 40-45.

