نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد هشتم، شماره سوم، ۱۳۹۷
http://ejsms gau ac ir

گزارش کوتاه علمی

اثر سوسپانسیون میکروسیلیس (سیلیکا فوم) به‌عنوان مالچ بر هدررفت خاک تپه‌های ماسه‌ای

*فاطمه نقی‌زاده اصل[۱]، حمیدرضا عسگری[۲]، حجت امامی[۳] و محمد جعفری[۴]

[۱]دانش‌آموخته دکتری بیابان‌زدایی گروه آبخیزداری و مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[۲]دانشیار گروه آبخیزداری و مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[۳]دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه فردوسی مشهد، [۴]استاد گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۹۶/۶/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۳/۲۸

چکیده

سابقه و هدف: فرسایش بادی و حرکت ماسه‌های روان به‌عنوان یکی از مهم‌ترین علل بیابان‌زایی و تخریب زمین در مناطق خشک و نیمه‌خشک، نقش به‌سزایی در آسیب به خاک و منابع طبیعی، آلودگی هوا، تهدید سلامت جوامع و آشفتگی‌های اجتماعی و اقتصادی ایفا می‌کند. از این‌رو، تثبیت ماسه‌های روان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یکی از روش‌های اساسی در کنترل فرسایش بادی و تثبیت ماسه‌های روان افزایش مقاومت لایه سطحی خاک با استفاده از مالچ است. ارائه روشی ساده با استفاده از مواد ارزان برای تولید مالچی پایدار برای کاهش هدررفت خاک و کنترل حرکت ماسه‌های روان بسیار مهم است. در سال‌های اخیر استفاده از پسماندهای صنعتی ارزان‌قیمت و ایمن به‌عنوان مالچ مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. این پژوهش با هدف بررسی اثر سوسپانسیون میکروسیلیس به‌عنوان محصول ثانویه کارخانه‌های فروسیلیس و تولید آلیاژهای سیلیکون و فروسیلیکون بر هدررفت خاک انجام شد.

مواد و روش‌ها: به همین منظور آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. برای تعیین میزان هدررفت خاک از دستگاه سنجش فرسایش بادی (تونل باد) استفاده شد. نمونه ماسه بادی پس از توزین در سینی‌هایی به ابعاد ۱×۰/۳ مترمربع و عمق ۲ سانتی‌متر ریخته شد. مالچ سوسپانسیون میکروسیلیس ۵۰ درصد (با نسبت ۱:۱ با آب) در چهار سطح پوشش (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد)، دو ضخامت (یک و دولایه)، دو زمان (۷ و ۶۰ روز) و ۳ تکرار روی سینی‌های ماسه پاشیده شد. سینی‌های ماسه به‌مدت ۲۰ دقیقه تحت‌تأثیر بادی با سرعت ۱۵ متر بر ثانیه، معادل شدیدترین بادهای منطقه مورد مطالعه، قرار گرفتند و سپس مقدار مواد فرسایش‌یافته هر یک از تیمارها توزین شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که با افزایش سطح پوشش و ضخامت مالچ هدررفت خاک کاهش معنی‌داری یافت ($P\leq$۰/۰۱). در سطح پوشش ۱۰۰ درصد میزان هدررفت خاک بیش از ۲ برابر در مقایسه با سطح پوشش ۲۵ درصد کاهش یافت و با افزودن دولایه مالچ سوسپانسیون میکروسیلیس نیز میزان هدررفت خاک را ۵۵/۳ درصد نسبت به

* مسئول مکاتبه: f.naghizade.asl@gmail.com

یک لایه آن کاهش داد. مالچ سوسپانسیون میکروسیلیس ۵۰ درصد با تراکم ۱۰۰ درصد در ضخامت دولایه به‌دلیل کم‌تر بودن میزان هدررفت خاک و مهم‌تر از آن حفظ پایداری با گذشت زمان، به‌عنوان بهترین تیمار به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری: با وجود تأثیر قابل‌توجه مالچ سوسپانسیون میکروسیلیس در کاهش هدرروی خاک، مشاهده می‌شود که کارایی آن با گذشت زمان کاهش یافته است، اما از آن‌جایی‌که در تیمارهای حاوی دو لایه مالچ میزان فرسایش خاک با وجود تفاوت معنی‌دار کم است، به‌نظر می‌رسد با افزودن ضخامت بیش‌تری از مالچ می‌توان از تلفات شدید خاک در مقابل باد جلوگیری نمود.

واژه‌های کلیدی: تثبیت، سوسپانسیون میکروسیلیس، ماسه‌های روان، مالچ، هدررفت خاک

مقدمه

یکی از راهکارهای سریع مقابله با فرسایش بادی، بیابان‌زایی و طوفان‌های گردوغبار استفاده از مالچ است. بدیهی است در صورتی‌که سطح خاک عامل حفاظتی مناسبی نداشته باشد، در اثر نیروی برشی باد فرسایش می‌یابد (۱). افزایش مقاومت لایه سطحی خاک در مقابل تنش برشی جریان باد، عامل کلیدی در کنترل فرسایش بادی است. در این رابطه، شکل‌گیری پوسته فیزیکی به‌شدت می‌تواند خطر فرسایش بادی را کاهش دهد (٦). اخیراً، پژوهشگران به دنبال استفاده از زائدات صنایع مختلف که از پتانسیل خوبی در ایجاد پیوند بین ذرات ماسه برخوردار بوده و هزینه‌های امر تثبیت را کاهش می‌دهند، هستند. برای مثال، امکان استفاده از فیلترکیک به‌عنوان یکی از پسماندهای کشت‌وصنعت نیشکر برای تولید مالچ مورد بررسی قرار گرفت و تأثیر معنی‌دار مالچ پیشنهادی بر کاهش فرسایش‌پذیری خاک مشاهده شد (۳). سرباره به‌عنوان محصول فرعی صنایع فولاد یکی دیگر از انواع مالچ‌هایی است که برای تثبیت ماسه‌های روان به‌کار برده شد (۸). پودر یا دوده میکروسیلیس، محصول ثانویه کارخانه‌های فروسیلیس و تولید آلیاژهای سیلیکون و فروسیلیکون است که حاوی ۸۵ تا ۹۲ درصد اکسید سیلیسیم (SiO_2) می‌باشد (۷). تاکنون پژوهش‌های زیادی روی کاربرد این ماده در زمینه‌های مهندسی مانند صنعت بتن و تثبیت انواع خاک‌ها انجام شده است (۲)، اما گزارشی مبنی بر استفاده از این ماده به‌عنوان مالچ برای تثبیت ماسه‌های روان وجود ندارد. هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر سوسپانسیون میکروسیلیس ۵۰ درصد به‌عنوان مالچ بر هدررفت خاک تپه‌های ماسه‌ای به‌منظور کاهش میزان فرسایش خاک است.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش از نمونه‌های ماسه بادی جمع‌آوری‌شده از زمین‌های ماسه‌ای اطراف شهرستان کاشان و آران و بیدگل در استان اصفهان با مختصات جغرافیایی ۳۳ درجه و ٤٥ دقیقه تا ٣٤ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۱ درجه و ٤٥ دقیقه طول شرقی استفاده شد. به‌منظور تعیین میزان هدررفت خاک، آزمایشی با استفاده از دستگاه سنجش فرسایش بادی در قالب طرح کاملاً تصادفی به‌صورت فاکتوریل انجام شد. برای انجام عملیات دانه‌بندی از سری استاندارد الک (الک‌های با قطر ۱۰۰۰، ۵۰۰، ۲۵۰، ۱۲۵، ٦۲/۵

میکرون و ذرات کوچک‌تر از ۰/٦٥ میکرون) بر اساس روش ASTM D: 422-87[1] استفاده شد. آماده‌سازی تیمارها شامل تهیه سینی‌های مخصوص دستگاه سنجش فرسایش بادی به ابعاد ۱۰۰ سانتی‌متر (طول) در ۳۰ سانتی‌متر (عرض) در ٤ سانتی‌متر (ارتفاع) بود که در فضای آزاد روی زمین چیده شدند. سپس با توجه به تیمار و تکرار مشخص‌شده، نمونه ماسه بادی در سینی‌ها ریخته شده و سطح آن‌ها صاف و یکنواخت شد. این سینی‌های حاوی ماسه‌های بادی به‌عنوان بستر برای مالچ‌پاشی در نظر گرفته شدند. سپس سوسپانسیون میکروسیلیس ۵۰ درصد پس از به‌هم‌زدن کامل به کمک آب‌پاش به‌طور یکنواخت روی سینی‌های تونل باد پاشیده شد. برای خشک‌شدن کامل تیمارها، سینی‌های آماده به‌مدت هفت روز (از زمان مالچ‌پاشی) در هوای آزاد و در معرض تابش نور خورشید قرار داده شدند. در مورد تیمارهایی که در دو ضخامت مورد بررسی قرار گرفتند، پس از پاشش لایه اول مالچ روی ماسه فرصت داده شد تا نمونه‌ها برای مدت چند روز هواخشک شوند، پس از آن مالچ‌پاشی دوباره روی آن انجام شد تا اثر ضخامت مالچ نیز بررسی و تعیین شود. برای زمان ٦۰ روز، تیمارها به‌صورت جداگانه اعمال شدند و تمامی مراحل مشابه زمان ۷ روز بود.

مالچ سوسپانسیون میکروسیلیس ۵۰ درصد در چهار سطح پوشش (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد)، دو ضخامت یک و دو لایه و دو زمان (۷ و ٦۰ روز) و سه تکرار روی بستر ماسه‌ای پاشیده شد. به این ترتیب که سینی‌های ماسه به‌مدت ۲۰ دقیقه در برابر بادی با سرعت ۱۵ متر بر ثانیه قرار داده شدند و مقدار رسوب جمع‌آوری‌شده از سطح تیمار واقع در داخل مخزن رسوب‌گیر توزین شد. به‌منظور بررسی معنی‌دار بودن تیمارها، از آزمون تجزیه واریانس استفاده شد و مقایسه میانگین متغیرهای دارای توزیع نرمال با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

بر اساس آنالیز دانه‌بندی، ضریب یکنواختی[2] و ضریب انحنای[3] آن به‌ترتیب ۱/٤٤ و ۱/۸ به‌دست آمد که نشان می‌دهد خاک مورد مطالعه از نوع شن ریز با دانه‌بندی ضعیف است. در جدول ۱ ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ماسه مورد استفاده در این پژوهش نشان داده شده است.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس هدررفت خاک نشان داد که اثرات اصلی سطح پوشش و لایه و همچنین اثرات متقابل سطح پوشش × لایه، لایه × زمان و سطح پوشش × لایه × زمان در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار بود اما اثر اصلی زمان و اثر متقابل سطح پوشش × زمان معنی‌دار نبود (جدول ۲).

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ماسه مورد مطالعه.

Table 1. Physical and chemical properties of the studied sand.

ویژگی property	شن (٪) Sand	سیلت (٪) Silt	رس (٪) Clay	بافت Texture	pH	EC (dSm^{-1})	OM (%)	آهک (٪) lime	گچ (٪) gypsum	SAR
مقدار amount	86.0	4.2	10.1	شنی sandy	7.85	5.8	0.08	18.5	0	11.9

1- Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils
2- Uniformity coefficient (Cu)
3- Curvature coefficient (Cc)

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس هدررفت خاک برای مالچ سوسپانسیون میکروسیلیس.

Table 2. Results of analysis of variances for soil losses by micro silica slurry.

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی Degree of freedom	مجموع مربعات Sum of squares	میانگین مربعات Means of squares	آماره F
سطح پوشش Coverage Percentage	3	6870.873	2290.291	1071.1880**
لایه Layer	1	1995.501	1995.501	933.3124**
زمان Time	1	103.576	48.327	22.6028^{ns}
سطح پوشش × لایه Coverage Percentage× Layer	3	144.980	103.576	48.4435**
سطح پوشش × زمان Coverage Percentage × time	3	64.893	21.631	16.9516^{ns}
لایه × زمان Time × Layer	1	36.244	36.244	12.5135**
سطح پوشش × لایه × زمان Coverage Percentage ×Time × Layer	3	80.265	26.755	2.138**
خطا Error	32	68.419	2.138	
کل Total	47	9364.751		

** معنی‌دار در سطح ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ^{ns} غیرمعنی‌دار.

ضریب تغییرات = ٤/٩٢

** Difference is significant at the 0.01 level, * Difference is significant at the 0.05 level, ^{ns} Difference is not significant.
CV= 4.92

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳)، با افزایش تراکم پوشش از ۲۵ تا ۱۰۰ درصد، سطح بیش‌تری از بستر ماسه توسط مالچ پوشیده شد و بنابراین میزان هدررفت خاک کاهش یافت (۲ برابر). لی و لیو (۲۰۰۳) بر اساس آزمایش‌های تونل باد نشان دادند که با افزایش تراکم خاکپوش میزان هدررفت خاک به‌طور معنی‌داری کاهش یافت؛ به‌طوری‌که در اراضی دارای ۵۰ درصد خاکپوش سنگریزه‌ای مقدار فرسایش بادی تا ۸۰ درصد نسبت به اراضی بدون خاکپوش کاهش و به‌دام‌اندازی ذرات رسوب نیز تا ۱/۸ برابر افزایش یافت (٤). با افزایش تعداد لایه‌های مالچ، ضخامت سله ایجاد شده افزایش و سطح تماس باد با بستر ماسه کاهش یافت؛ در نتیجه میزان هدررفت خاک نیز کم‌تر شد (۵۵/۳ درصد). صفایی قهنویه و همکاران (۲۰۱۱) نیز نشان دادند که با افزایش تعداد لایه‌های مالچ سرباره فولاد، مقاومت آن در برابر نیروی باد افزایش یافت (۸). مجدی (۲۰۰٤) نیز به نتیجه مشابهی در مورد کاهش هدررفت خاک با افزایش تعداد لایه‌های مالچ رسی دست یافت و نشان داد که میزان مواد فرسایش‌یافته در لایه‌های مختلف اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند (۵). به‌طورکلی، کم‌ترین مقدار هدررفت خاک در تیمار حاوی دو لایه

مالچ سوسپانسیون میکروسیلیس با سطح پوشش ۱۰۰ درصد در زمان‌های ۷ و ٦۰ روز (۹/۹ کیلوگرم بر مترمربع در ساعت) و بیش‌ترین مقدار آن در تیمار حاوی یک لایه با سطح پوشش ۲۵ درصد در زمان ٦۰ روز (۵۲/۵ کیلوگرم بر مترمربع در ساعت) مشاهده شد؛ به‌طوری‌که میزان هدررفت خاک در تیمار سطح پوشش ۱۰۰ درصد و دو لایه مالچ سوسپانسیون میکروسیلیس در هر دو زمان ۷ و ٦۰ روز حدود ٤ برابر کم‌تر از تیمار سطح پوشش ۲۵ درصد با یک لایه مالچ در زمان‌های ۷ و ٦۰ روز بود.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل سطح پوشش × لایه × زمان برای هدررفت خاک با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد.

Table 3. Mean comparisons of triple effect of micro silica slurry coverage and mulch thickness and time for soil losses using Dunkan analysis at the 0.05 level.

تیمارها (لایه × زمان) Treatments (Thickness × Time)	هدررفت خاک (کیلوگرم بر مترمربع در ساعت) Soil Losses ($kg\ m^{-2}\ h^{-1}$)			
	سطح پوشش ۲۵ درصد Coverage percentage of 25 %	سطح پوشش ۵۰ درصد Coverage percentage of 50 %	سطح پوشش ۷۵ درصد Coverage percentage of 75 %	سطح پوشش ۱۰۰ درصد Coverage percentage of 100 %
یک‌لایه × ۷ روز One layer × 7 days	51.067^{ab}	39.8^{c}	30.833^{e}	20.633^{f}
یک‌لایه × ٦۰ روز One layer × 60 days	52.533^{a}	40.267^{c}	33.033^{de}	21.3^{f}
دولایه × ۷ روز Two layer × 7 days	41.167^{bc}	21.267^{f}	11.467^{hi}	9.9^{i}
دولایه × ٦۰ روز Two layer × 60 days	43.467^{b}	34.067^{d}	15.1^{g}	9.97^{i}

* در هر ستون تفاوت بین دو میانگین که یک حرف مشترک دارند بر اساس آزمون دانکن از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیست.

* In each column the difference between two mean values with the same letter is not significant on the basis of Duncan analysis at the 0.05% level.

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش اثر سوسپانسیون میکروسیلیس ۵۰ درصد به‌عنوان مالچ بر هدررفت خاک تپه‌های ماسه‌ای مورد مطالعه قرار گرفت. همچنین مناسب‌ترین مالچ از بین چهار سطح پوشش با دو ضخامت یک و دو لایه در زمان‌های ۷ و ٦۰ روز برای تثبیت ماسه‌های روان تعیین شد. با توجه به کمبود آب در مناطق خشک و شرایط نامناسب اقلیمی و خاکی برای رشد و استقرار پوشش گیاهی، شناسایی و کاربرد مالچ مناسب برای تثبیت شن‌های روان ضروری است. بر اساس نتایج این پژوهش مالچ سوسپانسیون میکروسیلیس ۵۰ درصد با تراکم ۱۰۰ درصد در ضخامت دو لایه به‌دلیل کم‌تر بودن میزان هدررفت خاک و مهم‌تر از آن حفظ پایداری با گذشت زمان، به‌عنوان بهترین تیمار به‌دست آمد. بنابراین می‌توان این ترکیب را به‌عنوان مالچ برای تثبیت شن‌های روان در کوتاه‌ترین زمان ممکن در مناطقی که با مشکل فرسایش بادی مواجه هستند، توصیه نمود. هر چند احتمالاً استفاده از انواع دیگر سوسپانسیون میکروسیلیس با درصد اختلاط متفاوت تأثیر متفاوتی بر نتایج خواهد داشت؛ پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های بعدی اثر حفاظتی درصد بیش‌تری از این ماده برای جلوگیری از فرسایش خاک و حرکت ماسه‌های روان مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

1. Cornelis, W.M., Gabriels, D., and Hartmann, R. 2004. A parameterization for the threshold shear velocity to initiate deflation of dry and wet sediment. Geomorphol. 59: 43- 1.
2. Gupta, C., and Sharma, R.K. 2014. Influence of micro silica on sub grade characteristics of expansive soil. Inter. J. Civil Engin. Res. 5: 77-82.
3. Jamshid Safa, M., Khalili Moghadam, B., Jafari, S., and Ghorbani Dashtaki, Sh. 2014. Investigation on the possibility of using filter cake in producing mulches for stabilization of moving sands. J. Agric. Engin. 38: 1. 29-42. (In Persian)
4. Li, X.Y., and Liu, L.Y. 2003. Effects of gravel mulch on Aeolian dust accumulation in the semiarid region of northwest China. Soil Til. Res. 70: 1. 73-81.
5. Majdi, H., Karimian Eghbal, M., and Karimzadeh, H.R. 2004. Effect of clay mulches on soil wind erosion. J. Agric. Sci. Nat. Res. 3: 10. 104-112. (In Persian)
6. Maleki Kakler, M., Ebrahimi, S., Asadzadeh, F., and Emami Tbrizi, M. 2016. Evaluating the feasibility of carbonate microbial precipitation for moving sand stabilization. J. Soil Water Res. 47: 2. 407-415.
7. Negi, Ch., Yadav, R.K., Singhai, A.K. 2013. Effect of Silica Fume on Engineering Properties of Black Cotton Soil. Inter. J. Compute. Engin. Res. 3: 7. 1-6.
8. Safaei Ghahnavieh, A.R., Karimzadeh, H.R., Rohani Shahraki, F., and Isfahani, M. 2012. Determination of the optimum composite of steel slag (Mobarakeh Steel Industry, Iran) as a mulch in preventing wind erosion (Case Study: Eastern soils of Isfahan). First International Conference on Dust Storm (Science, technology, and development). 16-17 June. Tehran, Iran. (In Persian)

J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 8(3), 2018
http://ejsms.gau.ac.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Short Technical Report

Effect of micro silica (Silica fume) as mulch on soil losses of sand dunes

***F. Naghizade Asl[1], H.R. Asgari[2], H. Emami[3] and M. Jafari[4]**

[1]Ph.D. Graduate, Dept. of Arid Areas and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2]Associate Prof., Dept. of Arid Areas and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [3]Associate Prof., Dept. of Soil Science, Ferdowsi University of Mashhad, [4]Professor, Dept. of Mountainous and Arid Areas Rehabilitation, University of Tehran

Received: 09.16.2017; Accepted: 06.18.2018

Abstract

Background and Objectives: Wind erosion and sand dune movement as one of the most important reasons for desertification and land degradation in arid and semiarid areas, incorporates significantly in soil and natural resources damages, air pollution, health threat and socio-economic disturbances. Stabilization of sand dunes is therefore very important. One of the fundamental methods to control wind erosion and to stabilize sand dunes is the use of mulches on the soil surface. Providing a simple method using cheap materials for preparing a durable mulch in order to decrease soil losses is of high importance. In recent years the use of industrial cheap and secure wastes as mulches are attracting more attention. The present study was conducted with the aim of investigating the effect of micro silica slurry as a byproduct in the manufacture of silicon or ferrosilicon alloy, on soil losses of sand dunes.

Materials and Methods: Therefore, an experiment was carried out in factorial arrangement as a completely randomized design at 3 replicates. Wind erosion meter (wind tunnel) was used to measure the soil losses. For preparing the treatments, trays with the sizes of 100 cm (length) × 30 cm (width) × 2 cm (depth) were filled with sand samples and their surfaces were level. Filled trays with sands were used for mulching. Micro silica slurry was sprayed over trays in 4 coverage percentages (25%, 50%, 75% and 100%), two thicknesses (one and two- layer) and two times (7 and 60 days). Sand trays were then weighed and exposed to a wind speed of 15 ms^{-1} for 20 minutes (similar to the intensive wind flows of the studied area). Trays were weighed again and the amount of eroded materials were determined according to the weight differences of trays.

Results: Results showed that soil losses decreased significantly ($P \leq 0.01$) with the increase in coverage percentage and thickness of micro silica slurry. Soil losses decreased more than 2 times at the micro silica slurry coverage surface of 100 percent in comparison with the coverage surface of 25 percent and soil losses decreased 55.3% in treatments containing two layers of micro silica slurry in comparison with one layer treatments. The 50 percent micro silica slurry with the coverage percentage of 100% and tow layer thickness represented the best results in decreasing soil losses.

Conclusion: Despite the significant effect of micro silica slurry mulch on decreasing the soil losses, its efficiency has been decreased during the time. But as the soil losses are low in treatments containing two layers, it seems that more soil losses can be controlled by increasing the mulch thickness.

Keywords: Micro silica slurry, Moving sands, Mulch, Soil loss, Stabilization

* Corresponding Author; Email: f.naghizade.asl@gmail.com