رابطه سرعت آستانه فرسایش بادی با ضریب چسبندگی و مقاومت فروپذیری خاک سطحی در واحدهای ژئومرفولوژی بادی گوناگون

ایرج کوچمی ساردو [۱]، علی اصغر بسالت پور [۲] و حسین بشری [۳]
۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان، ۲- هیئت علمی استادیار گروه علوم خاک دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان، ۳- هیئت علمی استادیار گروه مرتع و آبخیزداری دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده
سرعت آستانه فرسایش بادی، کم‌ترین سرعت باد در ارتفاعی مشخص است که موجب تکان خوردن و حرکت اولین ذرات فرسایش‌پذیر سطح خاک شده و بیان‌گر پایداری یا حساسیت خاک‌ها نسبت به وقوع فرایند بادبردگی (شروع فرسایش بادی) می‌باشد. در این پژوهش سرعت آستانه فرسایش بادی در ۱۰ واحد ژئومرفولوژی بادی گوناگون موجود در دشت داوران رفسنجان در ۳ تکرار با استفاده از دستگاه سنجش فرسایش بادی قابل‌حمل صحرایی در شرایط طبیعی، اندازه‌گیری شد. هم‌چنین ضریب چسبندگی و مقاومت فروپذیری خاک سطحی در هر نقطه در ۳ تکرار (جمعاً ۹۰ نمونه) تعیین شدند. نتایج نشان داد که سرعت آستانه فرسایش بادی به مقدار زیادی از دو ویژگی چسبندگی ذرات و مقاومت فروپذیری خاک، تأثیر پذیرفته و اثر این ویژگی‌ها یک اثر افزایشی است. هم‌چنین مقایسه اثر ضریب چسبندگی و مقاومت فروپذیری خاک سطحی بر سرعت آستانه فرسایش بادی نمایان‌گر آن بود که مقاومت فروپذیری دارای اثر بیشتری نسبت به ضریب چسبندگی بر سرعت آستانه فرسایش بادی است به‌گونه‌ای که ضریب تبیین برای ضریب چسبندگی ۶۷/۰ بود درحالی‌که رابطه رگرسیونی ایجاد شده بین مقاومت فروپذیری خاک و سرعت آستانه فرسایش بادی دارای ضریب تبیین ۷۵/۰ بود.

واژه‌های کلیدی: فرسایش بادی، تونل بادی، ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی خاک، سرعت آستانه برداشت ذرات خاک

مقدمه
فرسایش بادی در قرن حاضر یکی از مهم‌ترین چالش‌های موجود در راستای دستیابی به توسعه‌ی پایدار و مدیریت بهینه‌ی زمین‌های کشاورزی می‌باشد که در نتیجه‌ی عوامل اقلیمی و انسانی به‌وجود آمده و به عنوان سومین چالش مهم جامعه جهانی شناخته می‌شود (رضایی راد و همکاران، ۱۳۸۹). هم‌چنین از فرسایش بادی به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل برهم‌خوردن تعادل اکوسیستم‌های بیابانی یاد شده است که تخریب و نابودی آن‌ها را به دنبال دارد. باد به علت نیروی قوی و عملکرد در سطح وسیع و نیز نامساعد بودن شرایط مناطق خشک و بیابانی از نظر پوشش گیاهی سبب می‌شود که میزان فرسایش و رسوب‌گذاری در چنین مناطقی گاه تا چندین برابر فرسایش آبی باشد (Sadeghi Ravesh et al., ۲۰۱۲). از آن‌جا که فرسایش بادی مهم‌ترین عوامل در هدررفت خاک سطحی، ماده آلی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است بنابراین فرسایش بادی نقش تخریب‌کننده قوی در تخریب ساختمان خاک و عدم پایداری آن دارد (مروتی شریف آباد، ۱۳۸۰). مقدار هدررفت خاک در اثر فرسایش بادی تابعی از دو فرایند جداشدن ذرات و انتقال آن می‌باشد. فرایند جداشدن ذرات نیز به نوبه خود به دو زیرفرایند بادبردگی (جابجایی رسوبات بادی و ذرات فرسایش پذیری سطح خاک توسط نیروی برشی باد) و سایش(ساییدگی عوامل سطحی توسط نیروی حاصل از برخورد ذرات جهشی) بستگی دارد (دلاوری کامیاب و همکاران، ۱۳۸۹).

سرعت آستانه فرسایش خاک سطحی، یکی از مهم‌ترین پارامترهای مورد نیاز جهت طراحی اصولی و صحیح بادشکن‌های زنده و غیر زنده به عنوان یکی از کنترل فرسایش بادی می‌باشد (دلاوری کامیاب و همکاران، ۱۳۸۹). فرسایش بادی هنگامی شروع می‌شود که انرژی باد در یک سطح فرسایش‌پذیر، بیش از انرژی مورد نیاز برای به حرکت درآوردن خاک‌دانه‌های کوچک یا ذرات اولیه خاک در آن سطح باشد. به حداقل سرعت بادی که این انرژی را تأمین می‌کند، سرعت آستانه فرسایش بادی گویند (Calott et al., ۲۰۰۰; Webb et al., ۲۰۰۶). به بیان دیگر، به کمترین سرعت باد که موجب جابجایی و حرکت اولین ذرات خاک می‌گردد را سرعت آستانه فرسایش بادی گویند. تعیین سرعت آستانه فرسایش بادی از مبانی اساسی کنترل باد و حفاظت خاک در مناطق بیابانی محسوب می‌شود (رفاهی، ۱۳۸۷). اصول مبارزه زیستی و مکانیکی به ویژه ایجاد شبکه بادشکن بر پایه محاسبه سرعت آستانه فرسایش بادی انجام می‌گیرد. بنابراین مطالعه و بررسی سرعت آستانه فرسایش و عوامل موثر بر آن ضروری به نظر می‌رسد.

بررسی و مقایسه سرعت آستانه فرسایش بادی در اراضی طبیعی با اراضی دستکاری‌شده (شخم خورده) نشان داده است که سرعت آستانه فرسایش بادی در اراضی دستکاری‌شده به میزان قابل‌ملاحظه‌ای کمتر می‌باشد، زیرا اصولاً قشر سطحی قسمتی از خاک‌های بیابانی خاصه سطوح گلاسی (شیب ملایم) در پای کوه‌ها، در طی قرن‌ها فعالیت‌های فرسایش بادی و آبی، مواد ریزدانه با تشکیل پوسته‌های سخت نمکی یا سنگریزه در مقابل فرسایش مقاوم شده است. مسلماً هر گونه دست‌کاری در ساختمان خاک این مناطق و یا شخم آن می‌تواند فرسایش پذیری خاک را چندین برابر کند. در واقع با شخم زدن خاک‌های بیابانی سرعت آستانه آن‌ها به

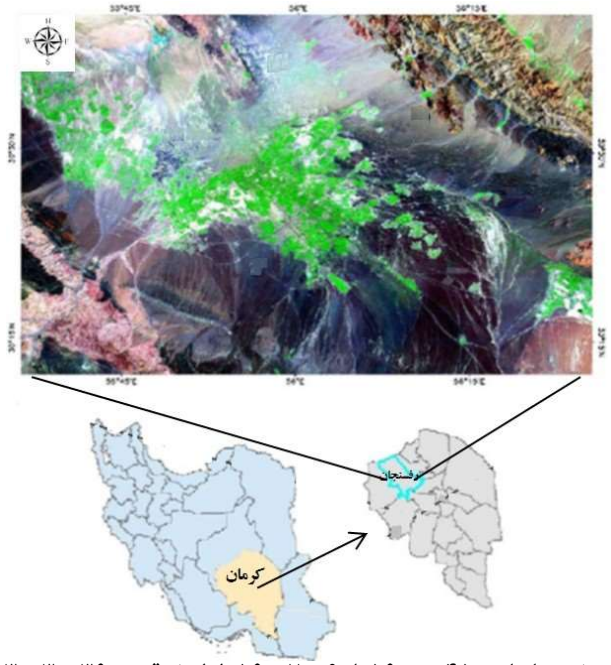
میزان قابل‌توجهی کاهش می‌یابد که این درصد افت به بافت به بافت خاک و فراوانی ذرات درشت آن بستگی دارد (دلاوری کامیاب و همکاران، ۱۳۸۹). با توجه به هزینه‌های سنگین کنترل فرسایش بادی و دشوار بودن شرایط کاری، انتخاب شیوه‌های اصولی و فنی در جهت تثبیت این مناطق، علاوه بر افزایش بازدهی کار در کاهش هزینه‌ها نیز مؤثر خواهد بود. روش‌های تثبیت شن روان بسیار متنوع است، ولی اصولاً همه‌ی آن‌ها بر پایه‌ی کاهش سرعت باد و ایجاد پوشش گیاهی استوار می‌باشد، بنابراین آگاهی از سرعت آستانه و عوامل موثر بر روی آن اهمیت فراوان دارد (خنامانی و همکاران، ۱۳۸۹).

چسبندگی و مقامت فروپذیری از ویژگی‌های مهم خاک هستند که بر روی سرعت آستانه و در نتیجه میزان فرسایش بادی موثر می‌باشد به‌شکلی که هر چه چسبندگی ذرات خاک بیشتر باشد خاک در مقابل فرسایش بادی مقاوم‌تر است. در واقع خاکی که چسبندگی ذرات آن زیاد باشد نیروهای لازم برای پیوند دادن ذرات اولیه خاک به همدیگر و در نتیجه تشکیل خاک‌دانه‌ها را فراهم می‌کند (عظیم زاده و همکاران، ۱۳۸۱). در این پژوهش با اندازه‌گیری سرعت آستانه فرسایش بادی در واحدهای ژئومرفولوژی بادی در بخشی از دشت رفسنجان به‌وسیله‌ی دستگاه شبیه‌ساز فرسایش بادی و نیز محاسبه ضریب چسبندگی و مقاومت فروپذیری خاک سطحی در این واحدها، به مطالعه و بررسی اثرات ضریب چسبندگی و مقاومت فروپذیری بر سرعت آستانه‌ی فرسایش بادی پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

۱. ۱. منطقه‌ی مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، دشت داوران ("۴۵ ۰۰ °۵۶ تا "۰۹ ۰۷ °۵۶ طول شرقی و "۳۶ ۳۰ °۳۰ تا "۰۰ ۳۵ °۳۰ عرض شمالی) واقع در ۱۵ کیلومتری شرق شهرستان رفسنجان با مساحتی معادل ۳۷۶۵ هکتار می‌باشد که در داخل محدوده کانون بحرانی لاهیجان (یکی از ۴ کانون بحرانی فرسایش بادی در دشت رفسنجان) قرار دارد (شکل ۱). دشت داوران به واسطه حاکم بودن شرایط کویری که ناشی از تأثیرات اقلیم نامناسب از جمله تبخیر بسیار بالا، بارندگی کم (کم‌تر از ۱۰۰ میلی‌متر در کل شهرستان و ۶۰ میلی‌متر در مناطق دشتی)، پراکنش نامنظم بارندگی، درجه حرارت مطلق ۴۰ درجه، رطوبت نسبی پایین، طولانی بودن فصل خشک و اختلاف زیاد بین دمای شب و روز و نیز فشار چرای دام در این مناطق، فقر شدید پوشش گیاهی در شهرستان و به ویژه دشت داوران را به همراه داشته است و منجر به تخریب خاک و فرسایش شدید بادی تا حد تشکیل تپه‌های شنی در بعضی از مناطق از جمله منطقه داوران (محدوده مورد مطالعه) و هم‌چنین گسترش کویرهای نمک، شن و ریگ شده است.



شکل(۱): منطقه مورد مطالعه (دشت داوران، "۴۵ ۰۰ °۵۶ تا "۰۹ ۰۷ °۵۶ طول شرقی و "۳۶ ۳۰ °۳۰ تا "۰۰ ۳۵ °۳۰ عرض شمالی)

۲. ۲. اندازه‌گیری ویژگی‌های خاک و تعیین سرعت آستانه فرسایش بادی

به منظور تعیین نقاط نمونه‌برداری در منطقه مورد مطالعه از رخساره‌های ژئومرفولوژی به عنوان واحد کاری استفاده شد. برای این منظور، آخرین تصویر ماهواره‌ای IRS موجود از منطقه تهیه و پس از تعیین محدوده مورد مطالعه، ۱۰ رخساره‌ی ژئومرفولوژی بادی در

منطقه تعیین شد. سپس با توجه به مساحت، توپوگرافی، پوشش گیاهی و موقعیت راه‌ها در هر رخساره، به طور میانگین سه نقطه نمونه‌برداری با سه تکرار تعیین گردید. پس از مشخص‌کردن نقاط مورد مطالعه، سرعت آستانه در هر نقطه در صحرا به وسیله دستگاه سنجش فرسایش بادی اندازه‌گیری گردید. همچنین مقاومت فروپذیری خاک سطحی در هر نقطه در سه تکرار (جمعاً ۹۰ نمونه) به وسیله‌ی پنترومتر اندازه‌گیری شد. برای انجام مطالعات آزمایشگاهی، سه نمونه خاک نیز از هر نقطه برداشت گردید. پس از انتقال نمونه‌های خاک به آزمایشگاه و به منظور انجام آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی، خاک‌ها از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. ماده‌ی آلی خاک به روش والکی و بلاک (Nelson and Sommers, ۱۹۸۲)، کربنات کلسیم معادل خاک به روش تیتراسیون برگشتی (Nelson, ۱۹۸۲)، اجزاء بافت خاک به روش پیپت (Gee and Bauder, ۱۹۸۶)، تعیین شدند. ضریب چسبندگی با استفاده از فرمول ارائه‌شده توسط شیاتی و همکاران، برای هر کدام از نمونه‌های خاک محاسبه گردید. پس از اندازه‌گیری ویژگی‌های خاک و آماده‌سازی داده‌ها، برخی خصوصیات آماری داده‌ها بررسی و سپس تجزیه و تحلیل آماری در محیط نرم‌افزار SAS انجام شد.

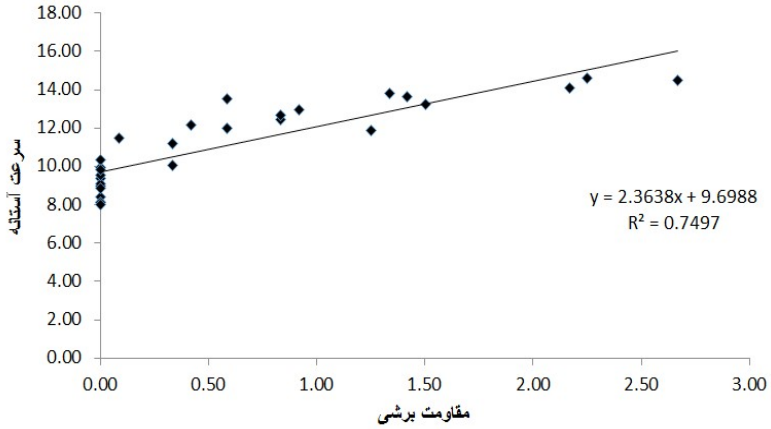
نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها به منظور بررسی اثر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی خاک بر سرعت آستانه فرسایش بادی در جداول ۱ و ۲ آمده است. نتایج نمایان‌گر آن بود که اثر مقاومت فروپذیری بر سرعت آستانه فرسایش بادی در سطح احتمال یک درصد آماری معنی‌دار بود (جدول ۱). هم‌چنین بر اساس نتایج بدست آمده یک رابطه مستقیم با ضریب تبیین برابر ۷۵/۰ بین مقاومت فروپذیری و سرعت آستانه برقرار بود (شکل ۳) که نمایان‌گر آن است که با زیادشدن مقاومت فروپذیری خاک سطحی، توانایی خاک برای مقاومت نمودن در برابر تنش‌های وارده و عدم از هم گسیختگی ذرات خاک، بیش‌تر شده و بنابراین عوامل فرسا اینده از جمله باد به انرژی بیشتری برای جداکردن و به حرکت درآوردن ذرات خاک نیاز خواهند داشت (سرعت آستانه فرسایش بادی افزایش می‌یابد). در واقع باد برای جدا کردن و به حرکت در آوردن اولین ذرات در خاک‌های با مقاومت فروپذیری بالا، به انرژی بیش‌تری نیاز داشته و بنابراین سرعت آستانه برداشت ذرات خاک بالاتر خواهد بود.

جدول(۱): تجزیه واریانس اثر مقاومت فروپذیری خاک بر روی سرعت آستانه فرسایش بادی

منبع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
رگرسیون	۱	۹۵۹/۹۳	۹۵۹/۹۳	۳۲/۷۷**
باقی‌مانده	۲۶	۵۹۴/۳۱	۲۱۵/۱	
کل	۲۷	۵۵۴/۱۲۵		

**معنی‌دار در سطح احتمال یک دصد



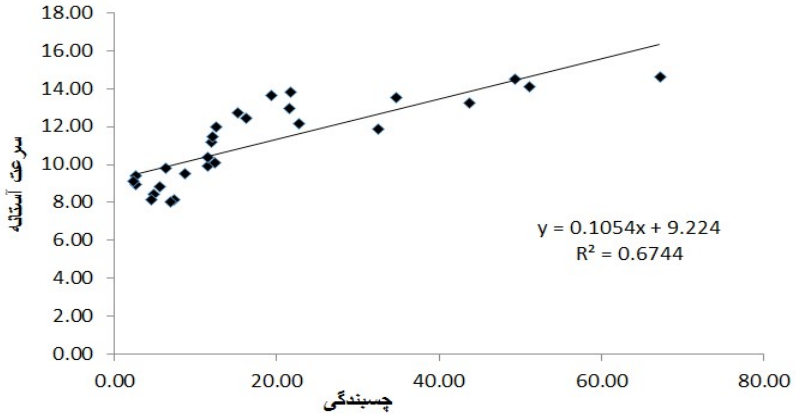
شکل(۳): رابطه رگرسیونی بین سرعت آستانه فرسایش بادی و مقاوت فروپذیری

نتایج تجزیه واریانس ضریب چسبندگی و سرعت آستانه فرسایش بادی نیز نشان داد که اثر چسبندگی بر روی سرعت آستانه فرسایش بادی یک اثر افزایشی (معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد) بوده و با افزایش ضریب چسبندگی، فرسایش‌پذیری خاک کمتر می‌شود (جدول ۲ و شکل ۴). به‌طور کلی با افزایش چسبندگی در سطح، مقاومت به برداشت در برابر انرژی فرسایندگی باد بیشتر می‌شود و بنابراین به سرعت باد بیشتری برای برداشت ذرات خاک نیاز خواهد بود. در واقع افزایش چسبندگی ذرات خاک سبب کاهش فرسایش‌پذیری در برابر عوامل فرساینده از جمله باد می‌شود و بنابراین سرعت آستانه فرسایش بادی افزایش می‌یابد.

جدول (۲): تجزیه واریانس رگرسیون چسبندگی خاک بر روی سرعت آستانه فرسایش بادی

منبع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
رگرسیون	۱	۶۳۵/۸۴	۶۳۵/۸۴	۷۸/۵۳**
باقی‌مانده	۲۶	۹۱۸/۴۰	۵۷۳/۱	
کل	۲۷	۵۵۴/۱۲۵		

**معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد



شکل(۴): رابطه رگرسیونی بین سرعت آستانه فرسایش بادی و ضریب چسبندگی خاک سطحی

هم‌چنین مقایسه اثر ضریب چسبندگی و مقاومت فروپذیری خاک سطحی بر سرعت آستانه فرسایش بادی نمایان‌گر آن بود که مقاومت فروپذیری دارای اثر بیشتری نسبت به ضریب چسبندگی بر سرعت آستانه فرسایش بادی بود به‌گونه‌ای که از ضریب تبیین برای ضریب چسبندگی ۶۷/۰ بود درحالی‌که رابطه رگرسیونی ایجاد شده بین مقاومت فروپذیری خاک و سرعت آستانه فرسایش بادی دارای ضریب تبیین ۷۵/۰ بود (شکل‌های ۳ و ۴). این نتایج بیان‌گر آن است که اثر افزایشی مقاومت فروپذیری بر سرعت آستانه نسبت به اثر افزایشی چسبندگی بر روی سرعت آستانه، بیشتر است. دلیل اصلی بیشتر بودن اثر مقاومت فروپذیری خاک سطحی بر سرعت آستانه فرسایش بادی نسبت به چسبندگی ذرات خاک را می‌توان چنین بیان کرد که چسبندگی به مقدار زیادی به میزان ذرات رس بستگی دارد. در واقع اگر مقدار ذرات رس در خاک زیاد باشد چسبندگی نیز بالا خواهد بود. اما لازمه شکل‌گیری خاک‌دانه‌ها و پایداری آن‌ها علاوه بر وجود ذرات رس، به میزان کافی ماده آلی، اکسیدهای آهن و کربنات کلسیم نیاز می‌باشد که طبق آزمایش‌ها انجام‌شده میزان ماده آلی و کربنات کلسیم در بسیاری از واحدهای کاری منطقه مورد نظر پایین بود و تغییرات آن‌ها در واحدهای کاری اندک بود. بنابراین در بسیاری از واحدها با وجود میزان کافی رس، خاک‌دانه‌ها از پایداری بالایی برخوردار نبودند. از طرف دیگر واحدهای کاری که از مقاومت فروپذیری بالایی برخوردار بودند به دلیل اینکه باد برای جداسازی ذرات خاک به انرژی زیادی نیاز داشت سرعت آستانه فرسایش بادی به مراتب در این واحدهای کاری با مقاومت فروپذیری بالا، بیشتر بود. بنابراین به نظر می‌رسد که به سبب کمبود ماده آلی و عوامل سیمان کننده از جمله آهک و اکسیدهای آهن در مناطق خشک از جمله منطقه مورد نظر، اثر افزایشی مقاومت فروپذیری خاک سطحی بر سرعت آستانه فرسایش بادی نسبت به چسبندگی محسوس‌تر خواهد بود.

منابع

عظیم زاده، ح.، اختصاصی، م.، حاتمی، م.، و قالیباف، م. ۱۳۸۱. مطالعه تأثیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در شاخص فرسایش پذیری بادی و ارائه مدل جهت پیشگویی آن در دشت یزد اردکان، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، شماره‌ی ۱، سال نهم

دلاوری کامیاب، ا.، خسروانی، م.، و رهبر نیا، م. ۱۳۸۹. ارزیابی روش‌های تعیین سرعت آستانه فرسایش بادی در منطقه کویر میقان. جنگل و مرتع شماره ۶۰*۸۵

خنامانی، ع.، کریم زاده، ح.، جعفری، ر.، و صفایی قهنویه، ا. ۱۳۸۹. ارزیابی فرسایش بادی با استفاده از مدل IRIFR جهت تعیین وضعیت بیابان‌زایی منطقه شرق اصفهان، دومین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان‌های گرد و غبار، ۲۷ تا ۲۸ تا بهمن ماه، یزد.

رضایی‌راد، ن.، هاتفی، ا.، صابری، م.، و برغمدی، م. ۱۳۸۹. برآورد پتانسیل رسوب‌دهی فرسایش بادی در منطقه بیابانی شهرستان اسفراین با استفاده از مدل ایریفر . دومین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان‌های گرد و غبار، ۲۷ تا ۲۸ تا بهمن ماه، یزد.

زارعی محمودآبادی، ه.، چابک بلداجی، م.، ابراهیمی خوسفی، ز.، و طباطبایی‌زاده، م. ۱۳۸۹. برآورد شدت فرسایش بادی با استفاده از مدل ایریفر در جمز طبس. دومین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان‌های گرد و غبار، ۲۷ تا ۲۸ تا بهمن ماه، یزد.
رفاهی، ح. ۱۳۸۷. فرسایش بادی و کنترل آن. انتشارات دانشگاه تهران.
مرروتی شریف آباد، ا. ۱۳۸۰. مطالعه‌ی رابطه‌ی فرسایش پذیری خاک سطحی توسط باد با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن در منطقه رودشت اصفهان. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان.
Webb, N. P., McGowan, H. A., Phinn, S. A. and McTainsh, G. ۲۰۰۶. AUSLEM (AUStralian Land Erodibility Model): A tool for identifying wind erosion hazard in Australia.Journal of Geomorphology, ۷۸: ۱۹۷-۲۰۰.
Sadeghi Ravesh, M., Reyahi Khoram, M. and Khosravi, H. ۲۰۱۲. Zoning wind erosion potential risk in central Iran using modified numerical taxonomy model. Journal of Agriculture and environment, ۱۲(۱): ۹۱-۹۹.

Abstract

Wind erosion threshold speed, minimum speed of wind at altitude is known to cause agitation, the first particles of soil erosion is possible. Thus this parameter indicates stability or susceptibility of soils to the process abrasion (start wind erosion). In this study, the threshold speed of wind erosion was determined in ۱۰ wind erosion geomorphological units in the Davaran plain in Rafsanjan city (sought east Iran) using a field portable wind erosion simulator in ۳ replications in natural conditions. Furthermore, the soil adhesion coefficient and penetration strength were measured in each point in ۳ replications. The results showed that the threshold velocity of wind erosion is greatly influenced by the soil adhesion coefficient and penetration strength properties. Comparison of the impacts of soil adhesion coefficient and penetration strength on threshold velocity of wind erosion indicated that the soil penetration strength had higher influence on threshold velocity of wind erosion compared to the soil adhesion coefficient where a coefficient of determination of ۰.۶۷ between threshold velocity of wind erosion and the soil adhesion coefficient values obtained while it was ۰.۷۵ between the wind erosion and the soil adhesion coefficient.