

بررسی تأثیر کاربری اراضی بر غلظت گرد و غبار و میزان هدررفت خاک در مناطق بیابانی (مطالعه موردی: عین خوش - دهلران، ایلام)

مرضیه میرحسینی: کارشناس ارشد بیابان‌زدایی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام

نورالدین رستمی*: استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام

مسعود بازگیر: استادیار گروه خاک‌شناسی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام

محسن توکلی: استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۳/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۷/۸)

چکیده

یکی از مهم‌ترین بحران‌های زیست‌محیطی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، پدیده‌ی مخرب بیابان‌زایی و فرسایش بادی است. وقوع طوفان‌های گرد و غبار ناشی از فرسایش بادی، فرآیندی است که باعث تخریب سرزمین می‌شود و می‌تواند به‌عنوان یک شاخص بیابان‌زایی قابل توجه قرار گیرد. این پژوهش به‌منظور بررسی میزان هدررفت خاک و غلظت گرد و غبار در کاربری‌های مختلف با استفاده از دستگاه‌های تونل باد و Microdust pro اجرا شده‌است. نتایج نشان داد شدت فرسایش بادی و میزان انتشار گرد و غبار با افزایش سرعت باد، از ۲ به ۱۶ متر بر ثانیه افزایش می‌یابد. همچنین با توجه به نتایج مشخص شد میزان این پارامترها در اثر فرسایش بادی در کاربری‌های مختلف، متفاوت است و در هر دو سری نمونه‌های دست‌خورده و دست‌نخورده، بیشترین و کمترین میزان فرسایش بادی و غلظت گرد و غبار به ترتیب در اراضی تپه‌ماسه‌ای، مرتع، جنگل دست‌کاشت کهور، کشاورزی و جنگل طبیعی کنار مشاهده شد. از طرفی در کاربری‌های مختلف، میانگین هدررفت خاک به میزان $0.03 \text{ mg/cm}^2/\text{min}$ و میانگین ذرات معلق به میزان 0.27 mg/m^3 در نمونه‌های دست‌خورده بیش از دست‌نخورده بود؛ زیرا در اثر نمونه‌برداری از ساختمان خاک به هم خورده، پایداری بین خاکدانه‌ها از بین می‌رود و خاک به‌راحتی در معرض بادبردگی قرار می‌گیرد. همچنین در اثر به هم خوردگی خاک، جرم مخصوص ظاهری نیز تغییر می‌کند؛ به گونه‌ای که با افزایش جرم مخصوص ظاهری، کیفیت خاک کاهش می‌یابد. درنهایت با توجه به نتایج همبستگی و مؤلفه‌های $Pc1$ - که تأثیر کنترلی بیشتری بر فرسایش بادی دارد - می‌توان نتیجه گرفت مهمترین عواملی که در تولید گرد و غبار و فرسایش‌پذیری بادی خاک تأثیر دارند شامل رطوبت، بافت و ماده آلی خاک است و عواملی مانند نسبت جذب سدیم، شوری، تخلخل، منیزیم و آهن نیز اهمیت کمتری دارد.

واژگان کلیدی: دهلران، فرسایش بادی، کاربری اراضی، گرد و غبار، Microdust pro.

۱- مقدمه

یکی از مهم‌ترین بحران‌های زیست‌محیطی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، پدیده‌ی مخرب بیابان‌زایی و فرسایش بادی است (Behera et al, 2007). فرسایش بادی می‌تواند در خاک‌های خشک لسی، بافت ماسه‌ای و سطح عاری از پوشش گیاهی در بادهای بالاتر از سرعت آستانه فرسایش به مشکلی جدی تبدیل شود (2007 Sterk and Goossens). وقوع طوفان‌های گرد و غبار ناشی از فرسایش بادی، فرآیندی است که به تخریب سرزمین منجر می‌شود و می‌تواند به‌عنوان یک شاخص بیابان‌زایی قابل توجه قرار گیرد (Xu, 2006). در پدیده‌ی گرد و غبار، خاک فرسایش یافته به وسیله‌ی باد حرکت داده می‌شود که برحسب اندازه‌ی ذرات، حرکت به یکی از سه طریق تعلیق، خزیدن و جهش است (Wang et al, 2015) که ذرات درشت به صورت غلتیدن و ذرات متوسط به صورت جهشی جابه‌جا می‌شود. ذرات ریزدانه مانند ذرات رس به علت سبک بودن تا ارتفاع زیادی از سطح زمین بلند می‌شود، مدت زیادی در هوا معلق می‌ماند و پس از طی مسافتی طولانی رسوب می‌کند. غالباً قطر ذرات معلق کمتر از ۰/۱ میلی‌متر است و در اثر تلاطم و جریان‌های دورانی، مدت‌های طولانی به حالت تعلیق باقی می‌ماند. آنچه امروزه در کشور ما تحت عنوان پدیده‌ی ریزگرد شناخته می‌شود، تحت تأثیر طوفان‌ها و جریان‌های هوایی ناشی از جابه‌جایی و حرکت ذرات ریز و بسیار ریز تشکیل دهنده‌ی خاک‌ها به صورت معلق شکل گرفته‌است (Azizi et al, 2012).

به طور کلی، تشکیل طوفان گرد و غبار به سه عامل بستگی دارد: وجود بادهای قوی، سطح حساس به فرسایش بادی و شرایط ناپایدار جوی (Xia and Yang, 1996). از طرفی، انسان‌ها با تغییر کاربری اراضی در مناطق حساس به شکل‌گیری طوفان‌های شن و ماسه، در شکل‌گیری طوفان‌های گرد و غبار نقش مهمی ایفا می‌کنند. بر اساس دستورالعمل سازمان جهانی هواشناسی، هرگاه سرعت باد در ایستگاهی از ۱۵ متر بر ثانیه تجاوز کند و دید افقی به علت گرد و غبار به کمتر از ۱ کیلومتر برسد، طوفان گرد و غبار گزارش می‌شود. سرعت‌های بیش از ۷ متر بر ثانیه در ارتفاع ۱۰ متری، در ایجاد شرایط طوفانی و شکل‌گیری گرد و غبار نقش مهمی دارد (and Gohari, 2013). بادهای شدید و گرد و غبار، مقدار خاک زیادی را از روی زمین‌های خشک بدون پوشش گیاهی با خود بلند و هوا را تاریک می‌کند. انتشار گرد و غبار به صورت وقایعی پراکنده که در اندازه، زمان و غلظت ذرات متفاوت است، در جو زمین رخ می‌دهد. متوسط ارتفاع طوفان گرد و غبار بین ۹۰۰ تا ۱۸۰۰ متر است (Tan et al, 2014 & Goudie, 2014 Samadi et al, 2014 به نقل از Ghaffari and Mostafazadeh, 2015). در سالیان اخیر، میزان پدیده‌ی گردوغبار در شهرهای جنوبی و غربی کشور افزایش محسوسی یافته‌است. از عمده‌ترین دلایل این پدیده علاوه بر مشکلات داخلی، منشأ فرامرزی آلودگی و نقش ضعیف راهبردهای مربوط به تثبیت شن‌های روان در کشورهای همسایه و تخریب پوشش گیاهی این مناطق است (Ghatresamani, 2018).

مطالعات متعددی در سطح جهان با موضوع فرسایش بادی و طوفان‌های گردوغبار انجام شده‌است؛ He و همکاران (۲۰۱۳)، برخی عوامل مؤثر بر فرسایش بادی در اراضی زراعی را به وسیله‌ی تونل باد در مناطقی از چین و مغولستان بررسی کردند. نتایج نشان داد که میزان فرسایش بادی با افزایش سرعت باد افزایش می‌یابد و میزان رطوبت در جلوگیری از فرسایش بادی تأثیر قابل توجهی دارد. Engelstadler (۲۰۰۱)، در زمینه‌ی پهنه‌بندی مکانی فراوانی وقوع گرد و غبارهای جهان، بر نقش بستر خشک دریاچه‌ها و صحرای کبیر آفریقا به عنوان تولیدکنندگان اصلی گرد و

غبار تأکید دارد. به اعتقاد وی، تراکم و ساختار گیاهان دو عامل کنترل‌کننده‌ی اساسی در زمینه‌ی وقوع گرد و غبار و فراوانی طوفان‌های آن است.

Wang و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی خصوصیات گرد و غبار و شناسایی منابع آن در نواحی خشک و نیمه‌خشک چین مشخص کردند که بیابان‌های وسیع عربستان و صحرای شمال آفریقا، از سامانه‌های همدید مقیاس و امواج غربی تأثیر می‌پذیرد و گرد و غبار را به مناطق مختلفی همچون ایران گسترش می‌دهد (به نقل از Zangeneh, 2014). کشور ایران به دلیل واقع شدن در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان، به صورت دائم در معرض سیستم‌های گرد و غبار محلی و منطقه‌ای قرار دارد.

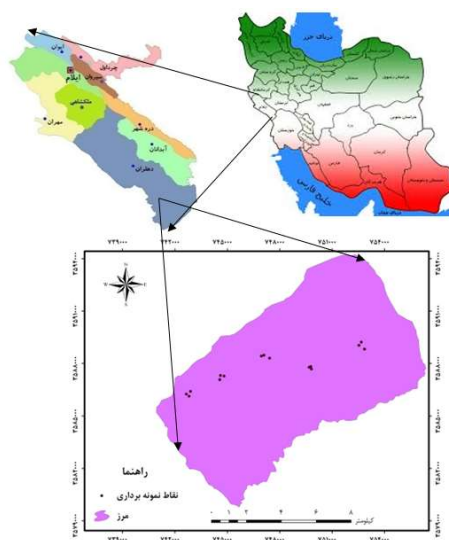
در ایران نیز مطالعاتی در زمینه‌ی گرد و غبار انجام شده‌است. Pashaei (۱۹۷۶)، در تحقیقی بر اساس وضعیت توپوگرافی منطقه و جهت بادهای غالب غربی و موسمی شرقی، مشخص کرد که کوه‌ها و کوهپایه‌های اطراف اهواز منشأ تپه‌های ماسه‌ای است. وی همچنین با اندازه‌گیری میزان گرد و غبار حمل شده در یکسری گردگیر مرکب از ۹ عدد در ارتفاعات ما بین صفر و ۷ متری، نشان داد که طوفان‌های منطقه میزان قابل توجهی از ذرات گرد و غبار را حمل می‌کند. همچنین می‌توان به مطالعه‌ی Alijani (۲۰۱۳)، در مورد فراوانی روزهای گرد و غبار کشور اشاره کرد. Iranmanesh و همکاران (۲۰۰۵) در پژوهشی با عنوان «شناخت مناطق برداشت طوفان‌های غبارزا و چگونگی انتشار ذرات گرد و غبار با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای در منطقه‌ی سیستان»، نشان دادند که اصلی‌ترین منطقه‌ی برداشت ذرات گرد و غبار بر روی دریاچه‌ی هامون قرار دارد. مسیر طوفان‌ها نیز به طور مجزا از دالان‌های موازی با گرد و غبار بسیار غلیظ و دالان‌های دیگری با غلظت کمتر به سمت ایران، افغانستان و پاکستان ادامه می‌یابد. همچنین بر اساس مطالعات Bahiraei و همکاران (۲۰۱۱)، بیابان‌های آفریقا، عربستان و عراق منبع اصلی تولید گرد و غبار در ایران هستند. گرد و خاک با کاهش نفوذپذیری خاک سطحی، قدرت جذب و نگهداری آب توسط خاک را کاهش می‌دهد و به افزایش رواناب سطحی و فرسایش خاک منجر می‌شود. با افزایش فرسایش خاک سطحی، تولید کاهش، هزینه‌ها افزایش و از نظر اقتصادی خسارات جبران‌ناپذیری به مملکت وارد می‌شود؛ بنابراین کنترل گرد و غبار به‌ویژه در مناطقی از کشور، به صورت جدی و به دلایل مختلف قابل توجه قرار گرفته‌است؛ نظیر جلوگیری از تخریب منابع طبیعی، کاهش آلودگی هوا، کاهش انتقال ذرات معلق و مزاحمت‌های ناشی از آن. بیماری‌هایی مانند عفونت بخش‌های بالایی دستگاه تنفس، اختلالات قلبی، برونشیت، تنگی تنفس، التهاب ریوی و از این قبیل بیماری‌ها، از عمده‌ترین عوارض آلودگی هوا است. علاوه بر این موارد، برخی از ذرات معلق به دلیل خاصیت سمی خود، برای سلامتی انسان بسیار خطرآفرین هستند (Mofidy and Jafari, 2011).

با وجود اهمیت زیاد پدیده‌ی گرد و غبار، تحقیقات محدودی در ایران انجام شده‌است. یکی از دلایل این امر، مشکلات مربوط به اندازه‌گیری این پدیده است (Iranmanesh et al, 2005). لذا با توجه به اینکه شهرستان دهلران دارای یک کانون بحرانی فرسایش بادی است و به دلیل مجاورت با کشور عراق در معرض هجوم ریزگردها قرار دارد، این پژوهش با استفاده از دستگاه‌های تونل باد و Microdust pro، به مطالعه‌ی تأثیر فرسایش بادی در انتشار گرد و غبار و هدررفت خاک در کاربری‌های مختلف پرداخته‌است. اندازه‌گیری میزان فرسایش بادی و عوامل مؤثر بر آن، در شرایط طبیعی مشکل و هزینه‌بر است (Hashemi et al, 2011 & Lopez, 1998)؛ از این رو، استفاده از تونل باد به‌عنوان

یکی از روش‌های جایگزین قابل اجرا مطرح شده‌است (Azimzadeh and Ekhtesasi, 2004). با استفاده از تونل باد می‌توان تأثیر سرعت باد و خصوصیات خاک را در شرایط کنترل‌شده‌ای شبیه‌سازی کرد (Burri et al., 2011).

۲- منطقه‌ی مورد مطالعه

موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی عین‌خوش در استان ایلام، در حدفاصل $39^{\circ}33'47''$ تا $33^{\circ}43'47''$ طول شرقی و $49^{\circ}40'32''$ تا $45^{\circ}27'32''$ عرض شمالی است (شکل ۱). بر اساس داده‌های موجود، بارندگی متوسط سالانه در منطقه $297/8$ میلی‌متر، مقدار متوسط دمای سالانه $26/2$ درجه‌ی سانتی‌گراد و میانگین تبخیر پتانسیل سالانه $3857/5$ میلی‌متر است. با توجه به طبقه‌بندی دومارتن، وضعیت اقلیمی منطقه به صورت خشک گرم تعیین شده‌است (Ilam Meteorological Organization, 2016).



شکل ۱: موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه

۳- مواد و روش‌ها

این تحقیق طی مراحل مختلفی به صورت میدانی، آزمایشگاهی و کارگاهی اجرا شده‌است که در ادامه توضیحات مربوط به هر کدام ارائه می‌شود:

۳-۱- نمونه‌برداری خاک

با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌ی کاربری اراضی، کاربری‌های موجود در محدوده‌ی مطالعاتی شامل جنگل طبیعی کنار، جنگل دست‌کاشت کهور، اراضی کشاورزی، پهنه‌های ماسه‌ای و مرتع تعیین شدند. پس از بازدید و شناسایی دقیق منطقه یک هفته بعد از اولین بارندگی، از کاربری‌های منطقه به صورت دست‌نخورده نمونه‌برداری شد. چون تعداد سینی‌های تونل باد موجود در آزمایشگاه محدود بود، برای هر کاربری تعداد ۳ نمونه برداشت شد. بدین ترتیب برای نمونه‌برداری خاک به صورت دست‌نخورده، ۱۵ قالب تونل باد به ابعاد 60×60 سانتی‌متر به عرصه انتقال یافت و با استفاده از قالب آهنی به ابعاد 29×59 و ارتفاع ۳ سانتی‌متر - که توسط نگارندگان طراحی و ساخته شد - طی

دو مرحله، خاک برش داده شد و در قالب تونل باد قرار گرفت. همچنین برای جلوگیری از به هم خوردگی خاک در زمان حمل با ماشین، ۱۵ قالب چوبی نیز طراحی و تهیه شد. قالب تونل باد را همراه با خاک برش داده شده درون قالب‌های چوبی قرار دادند، لایه‌ای نایلونی روی قالب‌ها نهادند و برای جلوگیری از به هم خوردگی خاک، دوغابی از گچ را روی آن ریختند؛ بنابراین، نمونه‌های خاک دست‌نخورده در هر کاربری از عمق ۰-۳ سانتی‌متر در ۳ تکرار برداشت شد. این امر با استفاده از قالب‌های طراحی شده صورت گرفت. نمونه‌برداری از خاک دست‌خورده نیز در مجاورت نقاط قبلی انجام شد و هم زمان مقاومت فشاری هر کاربری به وسیله‌ی دستگاه پنترومتر جیبی اندازه‌گیری شد. در نهایت، ۱۵ نمونه خاک دست‌نخورده و ۱۵ نمونه خاک دست‌خورده از منطقه‌ی مورد مطالعه برداشت و پس از خشک شدن لایه‌ی گچ، با ماشین به آزمایشگاه منتقل شد (شکل ۲).



شکل ۲: تصاویری از روش نمونه‌برداری خاک به صورت دست‌نخورده

۲-۳- مطالعات آزمایشگاهی

پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، این نمونه‌ها در معرض هوا قرار گرفت و خشک شد. سپس برخی از ویژگی‌های فیزیکی شامل بافت به روش هیدرومتری، جرم مخصوص ظاهری به روش استوانه و رطوبت خاک به روش وزنی اندازه‌گیری شد. همچنین ویژگی‌های شیمیایی شامل کاتیون‌های سدیم، کلسیم و منیزیم محلول نیز با استفاده از عصاره‌گیر آب مقطر، عصاره‌گیری و در ادامه غلظت سدیم با استفاده از Flame photometer و کلسیم و منیزیم نیز از طریق تیتراسیون قرائت شد (Rhoades, 1982). اسیدیته گل اشباع با دستگاه pH سنج، Ec عصاره‌ی اشباع با EC سنج، کربن آلی به روش (Walkley and Black, 1934) و آهک به روش تیتراسیون برگشتی اندازه‌گیری شد (Pansu and Gautheyrou, 2007).

۳-۳- آزمایش‌های تونل باد

این پژوهش با استفاده از دستگاه تونل باد موجود در دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه ایلام انجام شد (شکل ۳). این شبیه‌ساز قادر است سرعت‌های مختلف بادهایی را با سرعت‌های مختلف تا حداکثر ۲۵ متر بر ثانیه در ارتفاع ۳۰ سانتیمتری ایجاد کند (Bazgir and Namdar Khogasteh, 2017). به منظور تعیین میزان هدرروی خاک در کاربری‌های مختلف، رسوبگیری در قسمت دهانه‌ی تونل باد نصب و برای اندازه‌گیری ذرات معلق، از دستگاه

Microdust pro - که در قسمت خروجی تونل باد تعبیه شده بود - استفاده شد (شکل ۳). این دستگاه غلظت گرد و غبار را به صورت میلی گرم بر مترمکعب اندازه گیری می کند. علاوه بر اندازه گیری آبی غلظت آلودگی، دستگاه قادر است حداکثر غلظت و میانگین آن را در مدت زمان اندازه گیری نیز نشان دهد. بنابراین، نمونه های خاک در ۴ سرعت باد شامل ۲، ۹ و ۱۶ متر بر ثانیه و سرعت آستانه فرسایش در ارتفاع ۳۰ سانتی متری، به مدت ۵ دقیقه شبیه سازی شد. برای تعیین سرعت آستانه فرسایش بادی، نمونه های خاک دست نخورده و دست خورده در تونل باد قرار داده شد. سپس با تنظیم سرعت جریان باد - که به وسیله ی مبدل ممکن بود - و با استفاده از دستگاه سرعت سنج، سرعت آستانه فرسایش بادی در کاربری های مختلف با دقت قابل قبولی اندازه گیری شد. به این ترتیب، سرعت به تدریج زیاد شد و اولین ذره ای که شروع به حرکت کرد، سرعت آستانه کاربری موردنظر در نظر گرفته شد. در این تحقیق، میزان فرسایش از طریق نسبت وزن یا حجم خاک منتقل شده به سطح فرسایش یافته، محاسبه شد. بنابراین برای تعیین میزان هدرروی خاک، در پایان هر آزمایش میزان رسوب جمع شده در تله رسوبگیر، جمع آوری و توزین شد. میزان هدرروی خاک نیز بر اساس مقدار خاک فرسایش یافته برحسب گرم بر سانتی متر مربع بر دقیقه و برای سطح مقطع قالب محاسبه شد. نتایج حاصل از تجزیه ی خاک و آزمایش های تونل باد در کاربری های مختلف، توسط نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. مقایسه ی میانگین ها، به وسیله آزمون چند دامنه ای دانکن و همبستگی بین پارامترها، در نرم افزار SPSS انجام شد. تعیین ویژگی های اصلی مؤثر بر سرعت آستانه، با روش تجزیه ی مؤلفه های اصلی (PCA)^۱ و با استفاده از نرم افزار minitab صورت گرفت. در راستای تفسیر ویژگی های مهم در هر مؤلفه - که بیشترین تغییرات را کنترل می کند - از معیار انتخاب (SC) استفاده شد (Zarei and Sheklabadi, 2015).

(رابطه ۱)

$$SC = \frac{0.5}{\sqrt{\text{مقدار ویژه}}}$$



شکل ۳: تصویر Microdust pro (سمت راست) و تونل باد (سمت چپ).

^۱ Principle Components Analysis

۴- نتایج (یافته‌ها)

۴-۱- مقایسه‌ی میانگین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

جدول ۱، مقایسه‌ی میانگین خصوصیات فیزیکی خاک را در کاربری‌های مختلف نشان می‌دهد.

جدول ۱: مقایسه‌ی میانگین خصوصیات فیزیکی خاک

نوع کاربری	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	BD (g/cm ³)	SP (%)	P (%)	MWD (mm)	CS (kg/cm ²)
جنگل طبیعی کنار	۸۵/۱۶ ^c	۶/۸۳ ^a	۸ ^a	۱/۳۳ ^a	۲۶/۶۷ ^a	۵۰/۳۳ ^a	۱/۲۴ ^b	۳/۸۵ ^a
کشاورزی	۸۸/۸۳ ^b	۳ ^b	۸/۱۶ ^a	۱/۴ ^a	۲۵/۶۳ ^a	۴۷/۶۶ ^a	۱/۲۵ ^b	۲/۹۱ ^a
مرتع	۹۲/۵ ^a	۲/۵ ^b	۵ ^b	۱/۳۲ ^a	۲۴/۲ ^a	۴۶/۶۶ ^a	۱/۴۵ ^a	۳/۷۸ ^a
جنگل دست کاشت کهور	۹۲/۱۶ ^a	۳ ^b	۴/۸۳ ^b	۱/۴۳ ^a	۲۵/۴۶ ^a	۵۰/۳۳ ^a	۱/۴۶ ^a	۳/۵۸ ^a
تپه ماسه‌ای	۹۱/۸۸ ^a	۰/۶۱ ^c	۷/۵ ^a	۱/۴۷ ^a	۱۹/۱ ^a	۴۴ ^a	۱/۴۲ ^{ab}	۰/۶۱۶ ^b

در هر ستون، میانگین‌های با حداقل یک حرف مشابه تفاوت معنی‌داری ندارند.

BD: جرم مخصوص ظاهری، SP: درصد رطوبت اشباع، P: تخلخل، MWD: میانگین وزنی قطر ذرات و CS: مقاومت فشاری.

بر اساس جدول ۱، کمترین مقدار ماسه در کاربری جنگل طبیعی کنار و بیشترین مقدار آن در کاربری‌های مرتع، جنگل دست کاشت کهور و تپه ماسه‌ای است که در یک حدود بوده و هیچ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آنها مشاهده نمی‌شود. بیشترین مقدار سیلت، در جنگل طبیعی کنار و کمترین مقدار آن در تپه ماسه‌ای مشاهده شد. کاربری‌های کشاورزی مرتع و جنگل دست کاشت کهور در بین این دو کاربری قرار گرفته‌است و اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارد. همچنین میزان رس در کاربری‌های جنگل طبیعی کنار و کشاورزی، بیشترین مقدار و در مرتع و جنگل دست کاشت کهور کمترین میزان را داشته‌است. جرم مخصوص ظاهری در همه‌ی کاربری‌ها، اختلاف معنی‌داری نشان نداد. بیشترین جرم مخصوص ظاهری را می‌توان در اراضی تپه ماسه‌ای و کمترین مقدار آن را در مرتع و جنگل طبیعی کنار مشاهده کرد. بیشترین درصد رطوبت اشباع، در کاربری جنگل طبیعی کنار و کمترین مقدار آن در اراضی تپه ماسه‌ای بوده‌است. درصد رطوبت اشباع نیز در بین کاربری‌ها اختلاف معنی‌داری نشان نداد. بیشترین مقدار تخلخل، در کاربری‌های جنگل طبیعی کنار و جنگل دست کاشت کهور و کمترین مقدار آن در اراضی تپه ماسه‌ای مشاهده شد. در همه‌ی کاربری‌ها، میانگین وزنی قطر ذرات اختلاف معنی‌داری را نشان داد. میانگین وزنی ذرات، در جنگل دست-کاشت کهور و مرتع بیشترین مقدار و در جنگل طبیعی کنار و کشاورزی کمترین مقدار را داشت. کاربری جنگل طبیعی کنار از بیشترین مقاومت فشاری برخوردار است و کمترین مقدار آن در اراضی تپه ماسه‌ای مشاهده می‌شود. جدول ۲، مقایسه‌ی میانگین خصوصیات شیمیایی خاک را در کاربری‌ها نشان می‌دهد.

جدول ۲: مقایسه‌ی میانگین خصوصیات شیمیایی خاک

نوع کاربری	pH	EC (mS/cm)	CaCO ₃ (%)	OC (%)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	SAR
جنگل طبیعی کنار	۷/۸۱ ^a	۰/۶۰۷ ^a	۲۹/۵ ^a	۰/۷۲۱ ^a	۳۷/۴ ^b	۶۶/۴۷ ^a	۱۷/۶۶ ^{bc}	۲/۴۴ ^c
کشاورزی	۷/۷۷ ^a	۰/۴۳۹ ^{cb}	۲۷/۳۳ ^{ab}	۰/۵۱۳ ^b	۴۱/۴۱ ^b	۲۹/۱۸ ^c	۲۰/۲۴ ^b	۳/۴۱ ^c
مرتع	۷/۷۸ ^a	۰/۶۳۸ ^a	۲۶/۱۶ ^{bc}	۰/۱۴۹ ^d	۶۰/۱۱ ^a	۲۷/۹۶ ^c	۲۴/۵۸ ^a	۳/۷ ^b
جنگل دست کاشت کهور	۷/۸۵ ^a	۰/۴۹۳ ^{ac}	۲۳/۷۵ ^c	۰/۳۸۳ ^c	۱۸/۰۳ ^c	۴۶/۲ ^b	۱۸/۳۱ ^b	۳/۰۸ ^d
تپه ماسه‌ای	۷/۸۷ ^a	۰/۳۳۴ ^c	۲۵/۵۸ ^{bc}	۰/۱۲۸ ^d	۸/۶۸ ^d	۲۲/۲۹ ^d	۱۵/۰۸ ^c	۳/۹۳ ^a

در هر ستون، میانگین‌های با حداقل یک حرف مشابه تفاوت معنی‌داری ندارند.

نتایج به‌دست آمده از جدول ۲ نشان می‌دهد اسیدیته خاک در پنج کاربری، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشته‌است. بیشترین میزان هدایت الکتریکی خاک، به کاربری مرتع و کمترین میزان آن به اراضی تپه ماسه‌ای اختصاص دارد. از نظر شوری، بین اراضی تپه ماسه‌ای و کاربری‌های جنگل طبیعی کنار و مرتع رابطه‌ی معنی‌داری وجود داشت. میزان آهک خاک در بین چهار کاربری نیز اختلاف معنی‌داری داشت. بیشترین و کمترین میزان آهک، به ترتیب در کاربری جنگل طبیعی کنار و جنگل دست کاشت کهور مشاهده شده‌است. کمترین میزان درصد کربن آلی خاک، در اراضی تپه ماسه‌ای و بیشترین میزان آن در جنگل طبیعی کنار بود. از نظر کربن آلی، در تمام کاربری‌ها ارتباط معنی‌داری وجود داشت. بیشترین میزان کلسیم در مرتع و کمترین آن در اراضی تپه ماسه‌ای مشاهده شد. بین کلسیم جنگل طبیعی کنار و کشاورزی، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. بر اساس جدول ۲، بیشترین و کمترین میزان منیزیم به ترتیب در کاربری جنگل طبیعی کنار و اراضی تپه ماسه‌ای است. میزان سدیم خاک، در کاربری مرتع از بیشترین مقدار برخوردار است و کمترین میزان آن نیز در اراضی تپه ماسه‌ای مشاهده شد. بیشترین میزان SAR در اراضی تپه ماسه‌ای و کمترین میزان آن در کاربری جنگل طبیعی کنار مشاهده شد. نسبت جذب سدیم در بین همه‌ی کاربری‌ها اختلاف معنی‌داری را نشان داد.

۴-۲- تجزیه واریانس و مقایسه‌ی میانگین ذرات معلق

با استفاده از تجزیه‌ی واریانس، ذرات معلق به صورت دست‌نخورده و دست‌خورده در تمام کاربری‌ها تجزیه و تحلیل شد. در جدول ۳ منبع تغییرات، روش نمونه‌برداری، نوع کاربری و سرعت‌های مختلف مدنظر قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که در روش نمونه‌برداری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، اما در نوع کاربری و سرعت‌های مختلف، اختلاف معنی‌داری ($p < 0.01$) مشاهده شد.

جدول ۳: تجزیه‌ی واریانس ذرات معلق

منابع تغییرات	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات
روش نمونه‌برداری	۱	۲/۱۸ ^{ns}
نوع کاربری	۴	۵/۲۳ ^{**}
سرعت‌های مختلف	۳	۳۵/۰۳ ^{**}
ضریب تغییرات	۲۶/۹۴	

^{ns}: غیر معنی‌دار، ^{**}: معنی‌داری در سطح ۱ درصد.

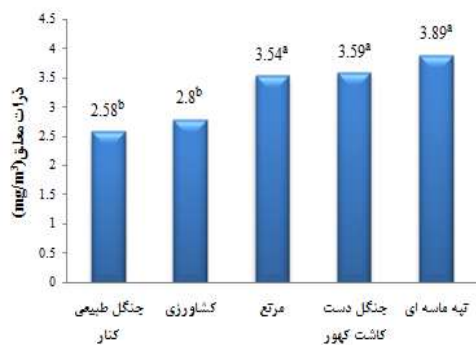
جدول ۴، مقایسه‌ی میانگین ذرات معلق در نمونه‌های دست‌خورده و دست‌نخورده را نشان می‌دهد.

جدول ۴: مقایسه‌ی میانگین ذرات معلق با روش نمونه‌برداری

روش نمونه‌برداری	ذرات معلق
نمونه‌های خاک دست‌خورده	۳/۲۸ ^a
نمونه‌های خاک دست‌نخورده	۳/۰۱ ^a

در هر ستون، میانگین‌های با حداقل یک حرف مشابه، تفاوت معنی‌داری ندارند.

بر اساس نتایج جدول ۴، مقایسه‌ی میانگین ذرات معلق در نمونه‌های دست‌نخورده و دست‌خورده اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. شکل‌های ۴ و ۵، مقایسه‌ی میانگین ذرات معلق در نمونه‌های دست‌نخورده و دست‌خورده را نشان می‌دهد.



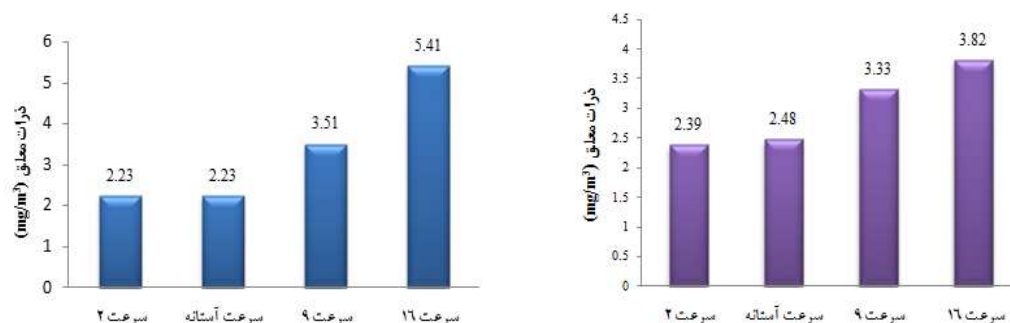
شکل ۵: مقایسه‌ی میانگین ذرات معلق در نمونه‌های دست‌خورده



شکل ۴: مقایسه‌ی میانگین ذرات معلق در نمونه‌های دست‌نخورده

در هر ستون، میانگین‌های با حداقل یک حرف مشابه تفاوت معنی‌داری ندارند.

مقایسه‌ی میانگین ذرات معلق در هر دو گروه نمونه‌های خاک، نشان داد که کمترین مقدار ذرات معلق در کاربری جنگل طبیعی کنار و بیشترین مقدار آن در اراضی تپه ماسه‌ای وجود دارد (شکل‌های ۴ و ۵)؛ اما اراضی کشاورزی در هر دو روش نمونه‌برداری تفاوتی را نشان نداد و با جنگل طبیعی کنار، رابطه‌ی معنی‌داری هم برقرار نشد. شکل‌های ۶ و ۷، میزان ذرات معلق نمونه‌های دست‌نخورده و دست‌خورده را در سرعت‌های مختلف نشان می‌دهد.



شکل ۶: مقایسه میانگین ذرات معلق نمونه‌های دست‌نخورده در سرعت‌های مختلف

مقایسه‌ی میانگین ذرات معلق در نمونه‌های دست‌خورده و دست‌نخورده در سرعت‌های مختلف، در سطح ($p < 0.01$) معنی‌دار شد. با توجه به شکل‌های ۶ و ۷، در روش نمونه‌برداری دست‌نخورده، کمترین میزان غبار انتشار یافته در سرعت ۲ متر بر ثانیه و بیشترین میزان آن در سرعت ۱۶ متر بر ثانیه است؛ اما در روش نمونه‌برداری دست‌خورده، کمترین میزان غبار در سرعت ۲ متر بر ثانیه و سرعت آستانه و بیشترین میزان آن در سرعت ۱۶ متر بر ثانیه مشاهده شد.

۳-۴- تجزیه‌ی واریانس و مقایسه‌ی میانگین میزان هدررفت خاک

با استفاده از تجزیه‌ی واریانس، میزان هدررفت خاک به صورت دست‌نخورده و دست‌خورده در تمام کاربری‌ها تجزیه و تحلیل شد. در جدول ۵، منبع تغییرات، روش نمونه‌برداری، نوع کاربری و سرعت‌های مختلف مدنظر قرار گرفت. نتایج تجزیه‌ی واریانس نشان می‌دهد که در تمام موارد، اختلاف معنی‌داری ($p < 0.01$) وجود دارد.

جدول ۵: تجزیه‌ی واریانس میزان هدررفت خاک

منابع تغییرات	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات
روش نمونه‌برداری	۱	۰/۰۲۴ ^{**}
نوع کاربری	۴	۰/۰۳۱ ^{**}
سرعت‌های مختلف	۳	۰/۰۳۷ ^{**}
ضرب تغییرات	۳۰	

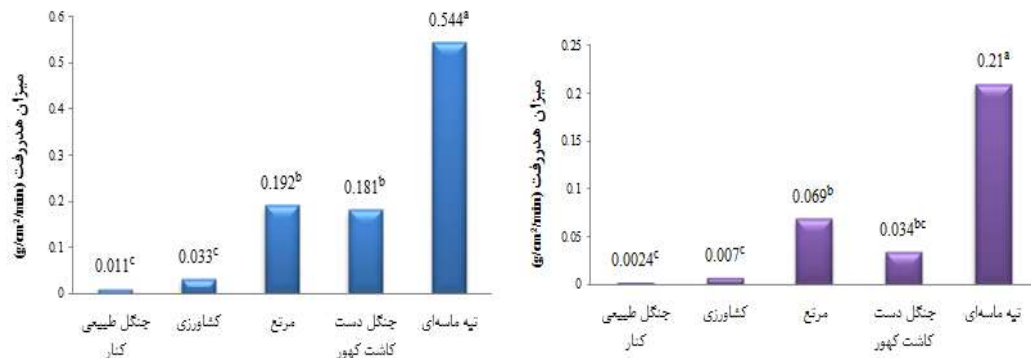
*: معنی‌داری در سطح ۵ درصد و **: معنی‌داری در سطح ۱ درصد.

جدول ۶: مقایسه‌ی میانگین میزان هدررفت خاک را در نمونه‌های دست‌خورده و دست‌نخورده نشان می‌دهد.

روش نمونه‌برداری	میانگین میزان هدررفت با روش نمونه‌برداری
نمونه‌های خاک دست‌خورده	۰/۰۴ ^a
نمونه‌های خاک دست‌نخورده	۰/۰۱ ^b

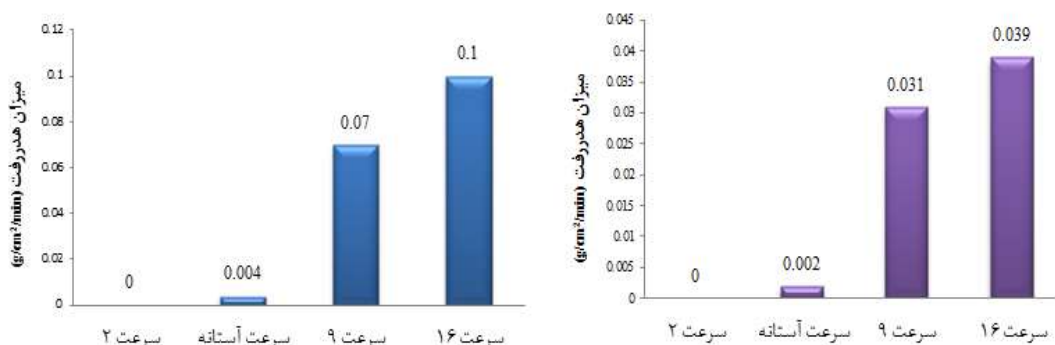
در هر ستون، میانگین‌های با حداقل یک حرف مشابه تفاوت معنی‌داری ندارند.

بر اساس نتایج جدول ۶، مقایسه‌ی میانگین میزان هدررفت در نمونه‌های دست‌نخورده و دست‌خورده اختلاف معنی‌داری را نشان داد. مقایسه‌ی میانگین میزان هدررفت خاک در کاربری‌های مختلف، در شکل‌های ۸ و ۹ نشان داده شده است.



شکل ۸: مقایسه میانگین میزان هدررفت خاک در نمونه‌های دست‌نخورده. شکل ۹: مقایسه میانگین میزان هدررفت خاک در نمونه‌های دست‌خورده. در هر ستون، میانگین‌های با حداقل یک حرف مشابه تفاوت معنی‌داری ندارند.

مقایسه‌ی میانگین میزان هدررفت خاک به صورت دست‌نخورده در کاربری‌ها، نشان داد که کمترین میزان هدررفت به کاربری‌های جنگل طبیعی کنار و کشاورزی و بیشترین مقدار آن به اراضی تپه ماسه‌ای اختصاص دارد (شکل ۸). بین کاربری‌های مرتع و جنگل دست کاشت کهور اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، اما در اراضی تپه ماسه‌ای با تمام پارامترها اختلاف معنی‌داری وجود داشت. در هدررفت به صورت دست‌خورده نیز کمترین هدررفت به کاربری‌های جنگل طبیعی کنار و کشاورزی و بیشترین میزان آن به اراضی تپه ماسه‌ای تعلق داشت (شکل ۹). در هر دو روش نمونه‌برداری نیز بین جنگل طبیعی کنار و کشاورزی رابطه‌ی معنی‌داری برقرار نشد. شکل‌های ۱۰ و ۱۱، مقایسه‌ی میانگین میزان هدررفت خاک را در سرعت‌های مختلف نشان می‌دهند.



شکل ۱۰: مقایسه میانگین میزان هدررفت خاک دست‌نخورده در سرعت‌های مختلف. شکل ۱۱: مقایسه میانگین میزان هدررفت خاک دست‌خورده در سرعت‌های مختلف.

مقایسه‌ی میانگین میزان هدررفت خاک در سرعت‌های مختلف (شکل‌های ۱۰ و ۱۱)، نشان داد که در تمام کاربری‌ها در سرعت ۲ متر بر ثانیه هیچ هدررفتی وجود نداشت. اما در نمونه‌های دست‌خورده و دست‌نخورده، کمترین هدررفت در سرعت آستانه و بیشترین میزان هدرروی در سرعت ۱۶ متر بر ثانیه مشاهده شد.

۴-۴- همبستگی پیرسون بین فرسایش بادی و پارامترهای خاک

جدول ۷، همبستگی بین پارامترهای خاک و فرسایش بادی را نشان می‌دهد.

جدول ۷: ضریب همبستگی پیرسون بین فرسایش بادی و پارامترهای خاک

شاخص	فرسایش	pH	EC (mS/cm)	CaCO ₃ (%)	OC (%)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	SAR
فرسایش	۱	۰/۳۶۵	-۰/۵۴۲*	-۰/۳۳۱	-۰/۷۲۹**	-۰/۵۰۶	-۰/۵۹۸*	-۰/۳۶۰	۰/۷۱۴**

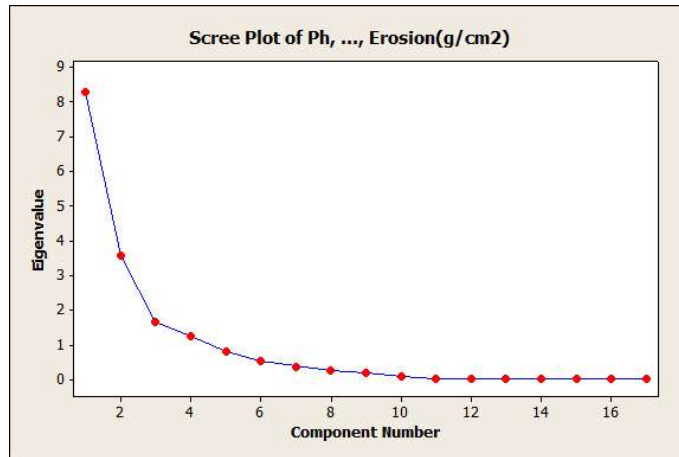
ادامه‌ی جدول ۷: ضریب همبستگی پیرسون بین فرسایش بادی و پارامترهای خاک

شاخص	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	BD (g/cm ³)	SP (%)	P (%)	MWD (mm)	CS (kg/cm ²)
فرسایش	۰/۵۱۹*	-۰/۷۰۵**	۰/۰۰۲	۰/۴۸۰	-۰/۹۵۷**	-۰/۵۸۹*	۰/۳۳۸	-۰/۸۵۲**

بر اساس نتایج همبستگی، بین فرسایش بادی و پارامتر SAR همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح ($P < ۰/۰۱$) وجود دارد، اما بین فرسایش و OC، Silt، SP و CS همبستگی منفی و معنی‌دار در سطح ($P < ۰/۰۱$) برقرار است. همچنین فرسایش با EC، Mg و P همبستگی منفی و با شن، همبستگی مثبت در سطح ($P < ۰/۰۵$) دارد.

۴-۵- آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA) مؤثر بر فرسایش بادی

هدف از تجزیه‌ی مؤلفه‌های اصلی آن است که واریانس موجود در داده‌های چند متغیره را در مؤلفه‌هایی تجزیه کند که اولین مؤلفه تا آنجا که ممکن است علت بیشترین واریانس موجود در داده‌ها باشد و به تدریج مؤلفه‌های بعدی واریانس کمتری از تغییرات را توجیه می‌کنند (Shukla et al, 2004). به نقل از Ayoubi and KHormali (2009). در این روش هر مؤلفه، مستقل از مؤلفه‌های دیگر است؛ یعنی بین مؤلفه‌های حاصل شده همبستگی وجود ندارد (Collins and Ovalles, 1988). برای انتخاب مؤلفه‌های مهم طبق نظر (Sharma, 1996)، مؤلفه‌هایی انتخاب شدند که مقدار ارزش ویژه‌ی (Eigenvalue) آنها بیش از یک باشد (شکل ۱۲).



شکل ۱۲: نمودار مقادیر ویژه‌ی مؤلفه‌های اساسی مؤثر بر فرسایش بادی

آنالیز مؤلفه‌های اصلی بر اساس فرض در نظر گرفته شده (ارزش ویژه بالای ۱)، به ایجاد سه مؤلفه‌ی اصلی (PC_1 , PC_2 و PC_3) منجر شد (شکل ۱۲).

جدول ۸: مؤلفه‌های اصلی مؤثر بر فرسایش بادی

PC_3	PC_2	PC_1	
۱/۶۵	۳/۵۶	۸/۲۷	مقادیر ویژه
۹/۷	۲۱	۴۸/۷	% واریانس
۷۹/۴	۶۹/۷	۴۸/۷	% واریانس تجمعی
۰/۳۹	۰/۲۶	۰/۱۷	معیار انتخاب (SC)

بر اساس نتایج جدول ۸، سه مؤلفه‌ی اصلی حدود ۷۹/۴ درصد از فرسایش بادی را کنترل می‌کنند. همچنین نتایج نشان می‌دهد اولین مؤلفه، بیشترین واریانس را توجیه کرده (۴۸/۷ درصد) و به تدریج در سایر مؤلفه‌ها این درصد کاهش می‌یابد، اما در مقابل از مؤلفه‌ی اول به سمت مؤلفه‌ی سو، مقدار معیار انتخاب (SC) افزایش می‌یابد. بنابراین برای انتخاب خصوصیات مهم برای تفسیر هر مؤلفه، از ویژگی‌های دارای ضریب بزرگ‌تر از معیار انتخاب (SC) - که برای هر مؤلفه در جدول ۹ ارائه شد - استفاده شده است.

جدول ۹: تجزیه‌ی مؤلفه‌های اصلی ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی خاک

Pc ₁		Pc ₂		Pc ₃	
EC	۰/۲۱۳	EC	۰/۲۸	pH	۰/۵۸
OC%	۰/۳۰۲	Ca%	۰/۳۹	-	-
Mg (mg/l)	۰/۲۸۷	Na%	۰/۴۸	-	-
CaCO ₃	۰/۲۱۳	Sand%	۰/۲۸	-	-
Silt%	۰/۳۱۰	-	-	-	-
SP%	۰/۳۱۹	-	-	-	-
P	۰/۲۳۶	-	-	-	-
CS%	۰/۲۸۵	-	-	-	-
Erosion	-۰/۳۱۰	Erosion	-۰/۱	Erosion	-۰/۰۰۱

بر اساس نتایج جدول ۹ از مؤلفه‌ی اول به سمت مؤلفه‌ی سوم، از تعداد ویژگی‌های مهم در هر مؤلفه کاسته شده- است؛ به گونه‌ای که مؤلفه‌ی اول - که در توجیه واریانس مشاهده شده در داده‌ها سهم زیادتری دارد - بیشترین پارامتر را نیز دارد.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس جدول‌های ۴ و ۶ مشخص شد که بین میزان ذرات معلق در نمونه‌های دست‌نخورده و دست‌خورده ارتباط معنی‌داری وجود ندارد، اما بین میزان هدررفت خاک در نمونه‌های دست‌نخورده و دست‌خورده ارتباط معنی‌داری هست. در این پژوهش، کاربری‌های مختلف در هر دو روش نمونه‌برداری در معرض سرعت‌های مختلف باد و در ۳ تکرار قرار گرفتند. نتایج نشان داد با افزایش سرعت باد از ۲ به ۱۶ متر بر ثانیه، شدت فرسایش بادی و میزان ذرات معلق افزایش می‌یابد. این یافته با نتایج Stout و Zobeck (۱۹۹۶)، He و همکاران (۲۰۱۳) و Qiang و همکاران (۲۰۰۷) مطابقت دارد. این محققان بیان می‌کنند که با افزایش سرعت باد، شدت فرسایش خاک نیز افزایش می‌یابد؛ این امر به دلیل افزایش فرسایش ناشی از تقویت انرژی جنبشی است.

همچنین با توجه به نتایج، در هر دو روش نمونه‌برداری بیشترین و کمترین میانگین فرسایش بادی و غلظت گرد و غبار به ترتیب در اراضی تپه ماسه‌ای، مرتع، جنگل دست‌کاشت کهور، کشاورزی و جنگل طبیعی کنار مشاهده شد. به طور کلی مقدار فرسایش بادی در خاک‌های مختلف، متفاوت است. دلیل این تفاوت را باید در خصوصیات چون بافت، جرم مخصوص، ساختمان، ماده آلی، رطوبت و شکل ذرات خاک جستجو کرد (Salehi et al, 2014). با توجه به مقایسه‌ی میانگین خصوصیات خاک و ضریب همبستگی پیرسون می‌توان نتیجه گرفت در جنگل طبیعی کنار، تأثیر مواد آلی، آهک، منیزیم و تخلخل به همراه رطوبت باعث چسبندگی ذرات سیلت می‌شود، ساختمان خاک را بهبود می‌بخشد و به افزایش مقاومت خاک منجر می‌شود. در واقع، مواد آلی خاک به افزایش چسبندگی ذرات و بالا رفتن ظرفیت جذب رطوبت خاک منجر می‌شود. در نتیجه، مقاومت خاک را در برابر نیروی باد افزایش می‌دهد (همان). همچنین مواد آلی خواصی همچون دانه‌بندی، تخلخل، نفوذ آب، ساختار و قابلیت تولید خاک را نیز بهبود می‌بخشد (Mohaseli,

2006). نتایج این تحقیق با نتایج He و همکاران (۲۰۱۳) و Weinan و همکاران (۱۹۹۶) - که نشان دادند میزان رطوبت در جلوگیری از فرسایش بادی تأثیر قابل توجهی دارد - منطبق است. در اراضی تپه ماسه‌ای پایین بودن میزان مواد آلی، رطوبت، کلسیم و منیزیم سبب شده‌است میان ذرات شن هیچ چسبندگی وجود نداشته باشد، در نتیجه در مقابل باد حساس می‌شود و به فرسایش و تولید گرد و غبار می‌پردازد. شخم اراضی کشاورزی می‌تواند اثرات متفاوتی داشته باشد؛ از یک سو شخم نامناسب و استفاده از ادوات کشاورزی به شکسته شدن خاکدانه‌ها، کاهش مقاومت خاک و ایجاد فرسایش منجر می‌شود. از سوی دیگر، زبری سطح خاک که به وسیله‌ی شخم ایجاد می‌شود، عامل مهمی در کنترل فرسایش بادی در اراضی کشاورزی است (Hanifepur et al, 2013). در واقع پشته‌هایی که در اثر شخم ایجاد می‌شود، نوعی مانع در برابر حمل ذرات خاک به شمار می‌رود و تا حدودی فرسایش را کاهش می‌دهد. اما به نظر می‌رسد فرسایش در اراضی مرتعی به این صورت است که دامداران، مراتع را بیش از حد و بی‌موقع مورد چرا قرار می‌دهند. این عملیات به از بین رفتن مواد آلی و کاهش مقاومت خاک منجر می‌شود و بر اثر بارندگی و بادهای تند، خاک به شدت فرسایش می‌یابد.

به طور کلی می‌توان گفت در کاربری‌های مختلف، میزان هدررفت خاک و تولید گرد و غبار در نمونه‌های دست‌خورده بیش از دست‌نخورده بود؛ زیرا در اثر نمونه‌برداری از خاک، ساختمان آن به هم می‌خورد، پایداری بین خاکدانه‌ها از بین می‌رود و خاک به راحتی در معرض بادبردگی قرار می‌گیرد. همچنین در اثر به هم خوردگی خاک، جرم مخصوص ظاهری نیز تغییر می‌کند؛ به طوری که با افزایش جرم مخصوص ظاهری، کیفیت خاک کاهش می‌یابد (Harris et al, 1996). پس می‌توان نتیجه گرفت دست‌خوردگی خاک به افزایش فرسایش‌پذیری آن منجر می‌شود. نتایج این تحقیق با یافته‌های Azimzadeh و Fotouhi (۲۰۱۳) همخوانی دارد. این محققان در مطالعه‌ی خود نشان دادند که اختلاط و دست‌خوردگی خاک به افزایش پتانسیل فرسایش‌پذیری خاک تا حدود ۲۵ برابر شرایط طبیعی منجر خواهد شد.

در نهایت، تجزیه‌ی مؤلفه‌های اصلی (PCA) نشان داد سه جزء اصلی، کنترل‌کننده‌ی فرسایش بادی است که سهم Pc_1 ، Pc_2 و Pc_3 به ترتیب حدود ۴۸/۷٪، ۲۱٪ و ۹/۷٪ می‌باشد؛ بنابراین، مؤلفه‌های Pc_1 بر فرسایش بادی تأثیر کنترل‌ی بیشتری دارند. مؤلفه‌های Pc_1 شامل هدایت الکتریکی، ماده آلی، منیزیم، آهن، سیلت، درصد رطوبت اشباع، تخلخل و مقاومت فشاری است که این پارامترها بر فرسایش بادی تأثیر داشته و سبب شده‌است این فرسایش به میزان بیشتری کاهش یابد.

منابع

1. Alijani, B., 2013. Weather of Iran, *Payam-e-Noor University Publishers, Tehran*, pp. 236. (in Persian).
2. Ayoubi, S., & F. KHormali, (2009). Spatial Variability of Soil Surface Nutrients Using Principal Component Analysis and Geostatistics: A Case Study of Appaipally Village. *Andhra Pradesh. India. JWSS*. 12 (46), 609-622. (in Persian).
3. Azimzadeh, H. R., & F. Fotouhi, (2013). The study on the effects of desert pavement on wind erodibility (Case study: Yazd- Ardakan plain). *Iranian Journal of Range and Desert Reseach*. 20 (4), 695-705. (in Persian).

4. Azimzadeh, H. R., & M. R. Ekhtesasi, (2004). Wind erosion: Threshold velocity as Related to soil Physical and Chemical Properties in Iranian Central Plain (Case Study: Yazd, Ardakan Plain). *Iranian Journal of Natural Resources*. 57(2), 225-234. (in Persian).
5. Azizi, G.; Shamsipour, A. A.; Miri, M.; & T. Safarrad, 2012. Statistic and Synoptic Analysis of Dust Phenomena in West of Iran, *Journal of Environmental Studies*, 38 (3), 123-134. (in Persian).
6. Bazgir, M., & D. Namdar Khogasteh, (2017). Final report on the design of the wind erosion laboratory, the identification of dust origins in Ilam province, and the testing and evaluation of some non-oil mulch. *Publishers Jihad University*. (in Persian).
7. Bahirace, H.; ayazi, S. M .H.; Rajae, M. A.; & H. Ahmadi, 2011. Synoptic Analysis of Dust in Ilam Province, *Quarterly Journal of Human Geography*, 4 (1), 47-68. (in Persian).
8. Behera, B.; Mohanty, S. K.; & A. K. Behura, 2007. Effect of Mulches on Production Potential, Economics and Soil Fertility Status of Maize + Pigeonpea Intercropping under Rainfed Conditions of Eastern Ghats, Orissa, *Indian Journal of Dryland Agricultural Research and Development*, 22 (1), 37-40.
9. Burri, K.; Gromke, C.; Lehning, M.; & F. Graf, 2011. Aeolian sediment transport over vegetation canopies: A wind tunnel study with live plants, *Aeolian Research*, 3 (2), 205-213.
10. Collins, M. E., & F. A. Ovalles, (1988). Variability of northwest Florida soils by principal component analysis. *Soil Science Society of America Journal*. 52 (5), 1430-1435.
11. Ekhtesasi, M. R., & Z. Gohari, (2013). Determining area affected by dust storms in different wind speeds, using satellite images (case study: Sistan plain, Iran). *Desert*. 17, 193-202.
12. Engelstadler, S., 2001. Dust Storm Frequencies and Their Relationships to Land Surface Conditions, *Freidrich - Schiller University Press*, Jena, Germany.
13. Ghaffari, D., & R. Mostafazadeh, (2015). An investigation on sources, consequences and solutions of dust storm phenomenon in Iran. *J. of Conservation and Utilization of Natural Resources*. 4 (2), 107-125. (in Persian).
14. Ghatresamani, M., 2018. Increasing the Dust t in Iran and Its Dimensions in International Law, *The 2nd International Conference on Dust, Ilam University, Ilam, Iran*. (in Persian).
15. Goudie, A. S., 2014. Desert dust and human health disorders, *Environment International*, 63, 101-113.
16. Hanifehpur, M.; Mashhadi, N.; & H. Khosravi, 2013. The Effect of Intensity and Duration of Drought on Wind Conditions and Wind Erosion in Agricultural Areas (Case Study: Damghan Area), *E.E.R*, 3 (2), 65-77. (in Persian).
17. Hashemi, Z.; Javadi., M. R.; & A. Miri, 2011. Investigation of the wind erosion and its sedimentation potential using the IRIFER model in Zahak Sistan, *Journal of Sciences and Techniques in Natural Resources*, 6 (3), 31-41. (in Persian).
18. Harris, R. F.; Karlen, D. L.; & D. J. Mulla, 1996. A Conceptual Framework for Assessment and Management of Soil Health. In J.W. Doran, and A.J. Jones (Eds.), *Methods for Assessing Soil Quality* (pp. 61-82). (Spec. Pub. 49), (Spec. Pub. 49; No. 4). Madison, WI: Soil Sci. Soc. Amer.
19. He, J. J.; Cai, Q. G.; & W. Q. Cao, 2013. Wind tunnel study of multiple factors affecting wind erosion from cropland in agro-pastoral area of Inner Mongolia, China, *Journal of Mountain Science*, 10 (1), 68-74.
20. Ilam Meteorological Organization, 2016. Weather and climatology reports.

21. Iranmanesh, F.; Arabkhedri, M.; & M. Akram, 2005. Investigation of dust origins and characteristics of their spreading in sistans storms, Iran region, using image processing, *pajouhesh and sazanegi*, 67, 25-33. (in Persian).
22. Lopez, M. V., 1998. Wind erosion in agricultural soils: an example of limited supply of particles available for erosion, *Catena*, 33 (1), 17-28.
23. Mohaseli, V., 2006. The necessity of organic matter enrichment in the soil, *Olive Monthly Magazine*, Tehran, 173, 11-15. (in Persian).
24. Mofidy, A., & S. Jafari, (2011). The Role of Regional Atmospheric Circulation over the Middle East on the Occurrence of Summer Dust-storms in Southwest Iran. *Arid Regions Geographic Studies*. 2 (5), 17-45. (in Persian).
25. Pansu, M., & J. Gautheyrou, (2007). Handbook of soil analysis: mineralogical, organic and inorganic methods. *Springer Science and Business Media*.
26. Pashaei, A., 1976. Investigation of sand dunes dynamics with their biological stabilization in Khuzestan, *Jundi shapur University Publishers*, 72, 18-35. (in Persian).
27. Qiang, M.; Chen, F.; Zhou, A.; Xiao, S.; Zhang, J.; & Z. Wang, 2007. Impacts of wind velocity on sand dust deposition during dust storm as inferred from a series of observations in the northeastern Qinghai-Tibetan Plateau, China, *Powder Technology*, 175, 82-89.
28. Rhoades, J.D., 1982. Cation exchangeable capacity. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (Eds.), *Methods of Soil Analysis: Part2, Chemical and Microbiological Properties, Agronomy Monograph*, vol. 9. ASA and SSSA, Madison, WI, 149-157.
29. Salehi, M. H., Esfandiar Pour Boroujeni, A., Mohajer, R., and Bagheri Bodaghabadi, M., 2014. Conservation of Soil and Water, *Payam Noor University Publishers*: 195 pp. (in Persian).
30. Samadi, M.; Darvishi Boloorani, A.; Alavipanah, S. K.; Mohamadi, H.; & M. S. Najafi, 2014. Global dust Detection Index (GDDI), a new remotely sensed.
31. Sharma, S. S., 1996. *Applied multivariate techniques*, John Wiley and Sons.
32. Shukla, M. K.; Lal, R.; & M. Ebinger, 2004. Principal component analysis for predicting corn biomass and grain yields, *Soil Science*, 169 (3), 215-224.
33. Stout, J. E., & T. M. Zobeck, (1996). Establishing the threshold condition for soil movement in wind eroding fields. P 61-75. In: *Proceedings of the International Conf. on Air Pollution from Agricultural Operations*, Mid-West Plan Service C-3, Kansas City.
34. Sterk, G., & D. Goossens, (2007). Emissions Of Soil Dust And Related Problems In Europe: An Overview.
35. Tan, M.; Li, X.; & L. Xin, 2014. Intensity of dust storms in China from 1980 to 2007: A new definition, *Atmospheric Environment*, 215-222.
36. Walkley, A., & I. A. Black, (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science*. 37 (1), 29-38.
37. Wang, X.; Dong, Z.; Zhang, C.; Qian, G.; & W. Luo, 2009. Characterization of the composition of dust fallout and identification of dust sources in arid and semiarid North China, *Geomorphology*, 112 (1), 144-157.
38. Wang, H.; Jia, X.; Li, K.; & Y. Li, 2015. Horizontal wind erosion flux and potential dust emission in arid and semiarid regions of China: A major source area for East Asia dust storms, *Catena*, 133, 373-384.

39. Weinan, C.; Zhibao, D.; Zhenshan, L.; & Y. Zuotao, 1996. Wind tunnel test of the influence of moisture on the erodibility of loessial sandy loam soil by wind, *Journal of Arid Environments*, 34, 391-402.
40. Xia, X. C., & G. S. Yang, (1996). Sandstorm Disasters in Northwest China and Control. *China Publishing House for Environmental Sciences*. Beijing. (in Chinese).
41. Xu, J., 2006. Sand-dust storms in and around the Ordos Plateau of China as influenced by land use change and desertification, *Catena*, 65 (3), 279-284. DOI: 10. 1016 /j. catena. 2005. 12. 006.
42. Zangeneh, M., 2014. Climatological Analysis of Dust Storms in Iran, *Applied Climatology*, 1 (1), 1-12. (in Persian).
43. Zarei, W., & M. Sheklabadi M., (2015). Soil Quality Assessment in Different Land Uses Using Multivariate Statistical Analysis. *JWSS*. 18 (70), 101-111. (In Persian).

An Investigation of Land-Use Effect on Dust Concentration and Soil Loss in Desert Areas: A Case of Ein Khosh-Dehloran, Ilam

Marzieh Mirhasani: M.Sc. of Combat Desertification, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam

Noredin Rostami¹: Assistant Professor, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran

Masoud Bazgir: Assistant Professor, Department of Water and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam

Mohsen Tavakoli: Assistant Professor, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam

Article History (Received: 12 June 2018 Accepted: 30 September 2018)

Extended abstract

1- Introduction

The occurrence of dust storms caused by wind erosion is a process that causes the destruction of land and can also be considered as a desertification indicator (Xu, 2006). Generally, the formation of a dust storm depends on three factors: the presence of strong winds, a sensitive surface to wind erosion and unstable weather conditions (Xia and Yang, 1996). Humans play an important role in the formation of dust storms through changing land use in sensitive areas to sand storms. In the arid and semi-arid areas covered with tiny and unstable materials, land degradation may occur as a result of land use change caused by over-grazing and farming. As a result, wind erosion increases, leading to more sand storms (Xu, 2006).

2- Methodology

For this research, first, using satellite imagery and land use map, the land uses in the study area that included the *Ziziphus Nummularia* natural forest, planted *Prosopis Juliflora* forests, agricultural land, sand dunes and rangelands were determined. After observing and accurately identifying the area, one week after the first rainfall, 15 undisturbed soil samples and 15 disturbed soil samples were collected from the area. After transferring the samples to the laboratory, the samples were exposed to dry air and then some physical and chemical properties of the soil were measured. Wind tunnel was used to determine the soil loss in different land uses, also the dust density determined using a Microdust pro device, which was installed in the outlet of the wind tunnel. This device measures dust concentrations in milligrams per cubic meter. So soil samples were simulated in 4 wind speeds including 2, 9, 16 m/s and wind erosion threshold velocity for 5 minutes. To determine the wind erosion threshold velocity, soil samples were placed in the wind tunnel. Then, by adjusting the wind speed that was possible by the inverter and using the accelerometer, the wind speed erosion threshold was measured in different land uses. In this way, the velocity has slowly increased, and the first particle that began to move was considered as the wind erosion threshold. In this study, the erosion rate was calculated from the ratio of the weight or volume of eroded soil to the sample surface. So, to determine the amount of soil loss, at the end of each experiment, the amount of sediment accumulated in the sediment trap was collected and weighed, and the soil loss was calculated based on the amount of soil erosion in grams per cm² per minute.

3- Results

Based on the results, there was no significant relationship between the dust concentration in the undisturbed and disturbed samples, but there was a significant relationship between soil loss in the undisturbed and disturbed samples. Comparison of the mean of suspended particles and the amount of soil loss in the both sample groups showed that the lowest and highest amount of suspended particles and soil losses was related to the *Ziziphus Nummularia* natural

¹ Corresponding Author: n.rostami@ilam.ac.ir

forest and sand dunes, respectively. According to the correlation results, there was a positive and significant correlation between wind erosion and SAR parameter ($P < 0.01$), but there was a negative and significant correlation between the erosion and OC, Silt, SP and CS ($P < 0.01$). Also, erosion had a negative correlation with EC, Mg, P and had a positive correlation with sand ($P < 0.05$). The Principal Components Analysis (PCA) showed that three main components of wind erosion controller were Pc_1 , Pc_2 and Pc_3 , whose quota were about 48.7%, 21% and 9.7%, respectively.

4- Discussion & Conclusions

The results showed that by increasing the wind speed from 2 to 16 m/s, the intensity of wind erosion and dust concentration increased, but the amount of these parameters was various in different land uses. As in both sampling methods, these parameters had decreased from sandy hill, pasture land, planted *Prosopis Juliflora* forests, agriculture and *Ziziphus Nummularia* natural forest, respectively.

In general, it can be said that in different land uses, the amount of soil loss and dust concentration in disturbed samples was more than undisturbed samples. Actually, since the soil structure is broken up during the sampling, the stability between the soil particles is lost and the soil is easily exposed to wind erosion. Also, due to the corrosion of the soil, the bulk density varies. As the bulk density increases, the soil quality will decrease (Harris *et al*, 1996). Finally, it was found that Pc_1 components had more control over wind erosion. The components of Pc_1 include EC, organic matter, Mg, lime, silt, saturation moisture content, porosity and compressive strength. These parameters have an effect on wind erosion, and cause erosion to be further reduced.

Key Words: Dehloran, Wind erosion, Land use, Dust, Microdust Pro