

شبیه‌سازی اثر پوسته سطحی خاک بر مولفه‌های فرسایش بادی توسط مدل SWEEP

حیدر غفاری گوشه^{۱*}

*۱- استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز (h.ghafari@scu.ac.ir)

چکیده

تشکیل پوسته فیزیکی سطحی خاک پدیده‌ای رایج در اغلب کانون‌های گرد و غبار جنوب و جنوب شرق اهواز است. این پوسته‌های فیزیکی به‌ویژه زمانی که خاک خشک است، نقش مهمی در محدود ساختن فراهمی ذرات برای فرسایش بادی به عهده دارند. تردد دام و وسایل نقلیه از علل اصلی تخریب و به‌هم‌خوردگی پوسته‌های سطحی به شمار می‌رود. این تحقیق با هدف مطالعه اثر پوسته فیزیکی بر مولفه‌های فرسایش بادی شامل آستانه سرعت برشی، میزان فرسایش خاک و شار انتشار PM10 صورت پذیرفت. نمونه‌های خاک از کانون‌های گرد و غبار خوزستان تهیه و به آزمایشگاه منتقل شد. ۲۹ ویژگی‌ها مورد نیاز برای شبیه‌سازی فرسایش بادی توسط مدل SWEEP از جمله بافت خاک، توزیع اندازه قطر خاکدانه‌ها، جرم مخصوص ظاهری، ضخامت پوسته، جرم مخصوص ظاهری پوسته و مقاومت فروری پوسته اندازه‌گیری و یا برآورد شد. زبری ایرودینامیکی سطح از طریق آزمایشات تونل باد بدست آمد. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که با پوشش کامل سطح خاک توسط پوسته فیزیکی فرسایش خاک حتی در سرعت‌های بالاتر از ۱۵ متر در ثانیه به طور کامل مهار شد. با کاهش سطح پوسته‌ای از ۷۵ درصد به مقدار آستانه سرعت برشی به میزان ۴۰ درصد کاهش یافت و مقدار فرسایش خاک و شار انتشار PM10 بیش از ۱۲ برابر افزایش پیدا کرد. این یافته‌ها بر اهمیت حفظ پوسته‌های سطحی و جلوگیری از تخریب آنها به‌ویژه در فصول خشک سال (تابستان) در جهت مهار فرسایش بادی و تولید گرد و غبار تاکید دارند. تردد بیش از حد دام و عبور وسایل نقلیه شرکت‌های نفت و گاز متعدد در منطقه احتمالاً مهمترین دلیل تخریب پوسته‌ها در کانون‌های گرد و غبار خوزستان، هستند که ضروری است مدیریت مناسبی در خصوص آنها اتخاذ شود.

کلمات کلیدی: پوسته فیزیکی، آستانه سرعت برشی، تونل باد، PM10، گرد و غبار

مقدمه

در دهه‌های اخیر به دلیل تاثیر تغییرات اقلیمی به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک (Solomon et al. 2007) و نیز برخی مدیریت‌های نامناسب، فرسایش بادی و وقوع طوفان‌های گرد و غبار به یکی از مشکلات زیست‌محیطی جدی در کشور و به‌ویژه در استان نفت‌خیز خوزستان تبدیل شده است (Zarasvandi و همکاران، ۲۰۱۱). فرسایش بادی در نتیجه حذف خاک حاصلخیز سطحی و انتشار ذرات ریز به اتمسفر کیفیت هوا و منابع خاک را کاهش داده و به سلامتی انسان و حیوانات و حتی گیاهان آسیب می‌رساند (Cary و Hudson، ۱۹۹۹؛ Nel، ۲۰۰۵). علاوه بر این، فرسایش بادی باعث خسارت به بخش صنعت و نیز بسته شدن جاده‌ها و تلفات رانندگی می‌شود. طبق آخرین گزارش ستاد ملی مقابله با پدیده گرد و غبار سازمان حفاظت محیط زیست کشور، گرد و غبار در ۱۵ استان خوزستان، کرمان‌شاه، ایلام، هرمزگان و خراسان جنوبی سالانه ۶ هزار میلیارد تومان خسارت وارد می‌کند که بیش از ۵۰ درصد آن فقط مربوط به استان خوزستان است (روزنامه ایران، ۱۳۹۹). طوفان‌های گرد و غبار در خوزستان به طور عمده در طول تابستان رخ می‌دهند و دارای دو منشأ خارجی و داخلی می‌باشند (درگاهیان و همکاران، ۱۳۹۶). منبع اصلی طوفان‌های گرد و غبار با منشأ خارجی احتمالاً بیابان‌های شنی، بسترهای خشک دریاچه‌ها و تالاب‌ها یا مناطق آلوده به مواد شیمیایی و طبیعی در کشورهای همسایه از جمله عراق، سوریه و عربستان بوده که توسط باد به ایران منتقل می‌شوند (Zarasvandi، ۲۰۰۹). کانون‌های داخلی تولید گرد و غبار با مساحتی حدود ۳۴۵۰ کیلومتر مربع،

به طور عمده از شرق و جنوب شرق اهواز تا شرق هندیجان در جنوب شرق استان گسترش دارند (اژدری، ۱۳۹۵) علاوه بر این در غرب استان نیز بخش‌های خشک شده تالاب هورالعظیم در غرب هویزه و نواحی پیرامون آن و همچنین بخش‌هایی از شمال خرمشهر نیز جزء مناطق منشأ می‌باشند. طوفان‌های شدید گرد و غبار ناشی از کانون‌های شرق و جنوب شرق استان اغلب با وزش بادهای شرقی همراه می‌باشد (سازمان هواشناسی خوزستان، اهواز، ۱۳۹۰). اغلب این کانون‌های گرد و غبار حوضه‌های خشک شده دریاچه‌ها و تالاب‌های قدیمی هستند که مشخصه اصلی آنها بافت ریزدانه و املاح فراوان است (اژدری، ۱۳۹۵).

پتانسیل فرسایش بادی خاک‌ها و رسوبات به عوامل مختلفی از جمله رژیم باد و خصوصیات سطح در معرض جریان هوا بستگی دارد (Rice و McEwan، ۲۰۰۱). خصوصیات سطح شامل اندازه و چسبندگی دانه‌ها، زبری سطح، پوشش گیاهی و احتمال آشفتنگی و به هم خوردگی سطح توسط انسان یا حیوانات یا ناشی از مجاورت با یک منبع پرتاب‌کننده ذرات جهشی می‌باشد. پوسته فیزیکی سطحی خاک یکی از مهمترین ویژگی‌های ساختاری خاک در بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک جهان است (Hevia et al. 2007). فرآیند تشکیل پوسته فیزیکی با تجزیه خاکدانه‌ها و پراکندگی ذرات رس هنگام خیس شدن خاک یا قرار گرفتن در معرض بارندگی آغاز می‌شود که در این حالت سله نام دارد. سله پس از خشک شدن تبدیل به پوسته‌ای نازک، مقاوم و متراکم تشکیل می‌شود (Duiker و همکاران ۲۰۰۱؛ Hevia و همکاران، ۲۰۰۷) که نقش مهمی در محافظت از خاک در برابر فرسایش بادی به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک ایفا می‌کند (Zhang و همکاران ۲۰۰۴)، حتی زمانی که پوسته‌ای بسیار نازک در سطح خاک تشکیل شود. وجود پوسته فیزیکی بسیاری از خصوصیات سطح خاک را تغییر می‌دهد و بر بسیاری از عملکردهای اکوسیستم تاثیرگذار است (Feng و همکاران ۲۰۱۳). اثر حفاظتی پوسته فیزیکی در برابر فرسایش بادی در بسیاری از مناطق خشک گزارش شده است (Veihe، ۲۰۰۲).

با توجه به وجود مقادیر زیاد ذرات رس در اغلب کانون‌های گرد و غبار خوزستان به ویژه کانون‌های شرق و جنوب شرق اهواز، تشکیل پوسته فیزیکی در سطح خاک پدیده‌ای شایع می‌باشد. اما تاکنون مطالعه‌ای در خصوص نقش این پوسته‌ها بر آستانه سرعت فرسایشی باد، میزان فرسایش و شار انتشار ذرات PM10 نشده است. لذا، این مطالعه با هدف شبیه سازی اثر پوسته فیزیکی سطحی بر شاخص‌های فرسایش بادی با استفاده از مدل تک‌رخدای SWEEP انجام شد.

مواد و روش‌ها

۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه کانون‌های شرقی و جنوب شرقی اهواز را در بر می‌گیرد. این ناحیه دربرگیرنده پلایای اخ‌شک شده مالچ و آبگیرهای انتهایی رودخانه کوپال است که در طی خشکسالی‌های اخیر و کاهش آب ورودی خشک شده‌اند و به کانون تولید گرد و غبار تبدیل شده‌اند. این منطقه به صورت دشت‌های آبرفتی وسیعی هستند که وجود فسیل‌های دوکفه‌ای و شکم پایان در بخش‌های فرسایش یافته آنها نشانه محیط‌های تالابی گذشته است. همچنین، بخش‌های وسیعی از این محدوده به ویژه در غرب رودخانه جراحی را زمین‌های کشاورزی دیم تشکیل می‌دهند که به دلیل خشکسالی‌های اخیر رها شده و به صورت کانون‌هایی جهت تولید گرد و غبار تبدیل شده‌اند. با این حال، چرای مفرط و شدید این عرصه‌ها همچنان در منطقه رایج بوده و یکی از دلایل اصلی تخریب ساختمان خاک سطحی به شمار می‌رود. مساحت این مناطق در مجموع حدود ۱۵۶۲۰ هکتار است. اقلیم محدوده مطالعاتی بر اساس روش طبقه‌بندی اقلیمی دمارتن اصلاح شده، فراخشک گرم تعیین شده و متوسط بارندگی سالانه ۲۱۰ میلی‌متر است. باد غالب منطقه در بهار و تابستان غرب و شمال غرب می‌باشد و بیشترین فراوانی را هم در همین دو فصل یعنی دوره گرم سال دارد. در فصل پاییز و زمستان بادهای از فراوانی کمتری برخوردارند، اما جهت غالب آنها همان غرب و شمال غرب می‌باشد. در دوره سرد سال باد جنوب و جنوب شرق نسبت به فصل گرم از فراوانی و شدت بیشتری برخوردار است.



شکل ۱- تشکیل پوسته سطحی (الف) در خاک های مناطق مورد مطالعه، و تخریب پوسته ها در اثر تردد وسایل نقلیه (ب)

۲- جمع آوری نمونه خاک و تجزیه های آزمایشگاهی

با توجه به هدف مطالعه و بر اساس اطلاعات موجود سه نوع خاک با ویژگی های مختلف به ویژه از نظر بافت از سطح منطقه مورد مطالعه تهیه شد. ویژگی مشترک همه خاک های انتخاب شده استعداد تشکیل پوسته بود که با توجه به مشاهدات میدانی گزینش صورت گرفت. نمونه برداری در اواخر فصل زمستان و از عمق ۵ سانتی متری سطح خاک و در سه تکرار انجام شد. نمونه ها به آزمایشگاه منتقل و هواخشک گردیدند. بافت خاک به روش هیدرومتری (Gee و Or, ۲۰۰۲)، توزیع اندازه خاکدانه ها به روش الک خشک (Kemper و Rosenau, ۱۹۸۶)، مقدار ماده آلی به روش والکی بلک (Nelson و Sommers, ۱۹۸۲)، رطوبت به روش وزنی (Gardner, ۱۹۸۶)، جرم مخصوص ظاهری خاک به روش استوانه (بریدی، ۱۹۸۴) و جرم مخصوص ظاهری پوسته سطحی به روش پارافین (Blake و Hartge, ۱۹۸۶) تعیین شد. برای تعیین ضخامت و مقاومت پوسته های سطحی به ترتیب از کولیس و پنترومتر دستی مدل D1558 استفاده شد. برای تعیین زبری ایرودینامیکی خاک از الک ۸ میلی متری عبور داده شده و در سینی های مخصوص دستگاه تونل باد ریخته شدند. با استفاده از آزمایشات تونل باد و اندازه گیری سرعت باد در سه ارتفاع ۵، ۱۰ و ۲۰ سانتی متر، زبری ایرودینامیکی سطح با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (Sharratt, ۲۰۱۹)،

$$u_z = \left(\frac{u^*}{k}\right) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$$

که در آن u_z سرعت باد ($m.s^{-1}$) در ارتفاع z (m) و k ثابت وان کارمن (۴,۰) است. شیب و عرض از مبدا رابطه خطی بین u_z و $\ln(z)$ به ترتیب دربرگیرنده سرعت اصطکاکی (u^*) و زبری ایرودینامیکی (z_0) می باشند.

۳- شبیه سازی فرسایش باد مدل SWEEP

محاسبات مدل SWEEP با زیر مدل فرسایش WEPS یکسان بوده اما مستقل از پنج مدل فرعی دیگر موجود در مدل WEPS است. SWEEP به ۳۸ پارامتر ورودی (Sharratt و Feng, 2009) در رابطه با پوشش گیاهی و بقایا، خصوصیات خاک، و مشخصات آب و هوایی نیاز دارد. مدل SWEEP قادر است میزان هدررفت خاک (کل هدررفت، خزش + جهش، تعلیق و انتشار PM-10) از یک سطح تحت شرایط و مدیریت خاص را برای یک روز معین از سال شبیه سازی کند. SWEEP سرعت اصطکاک آستانه را طبق فرمول زیر محاسبه می کند:

$$U_{\tau}^* = UB_{\tau}^* + UC_{\tau}^* + UCW_{\tau}^* + UCA_{\tau}^*$$

که در آن U^*t آستانه سرعت اصطکاکی، UB^*t سرعت آستانه اصطکاکی ثابت یک سطح لخت $(1 - ms)$ ، UC^*t ضریب تصحیح برای پوشش گیاهی، UCW^*t ضریب تصحیح رطوبت سطح خاک و UCA^*t ضریب تصحیح مربوط به چگالی خاکدانه‌ها است. در این مطالعه به دلیل عدم وجود پوشش و یا باقی مانده گیاهی، UC^*t صفر در نظر گرفته شد. پارامترهای مورد استفاده در این مطالعه و نحوه به دست آوردن آنها در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۱ - پارامترهای مورد استفاده برای شبیه سازی فرسایش بادی خاک در مدل SWEEP

مقدار	منبع	پارامتر	عامل
۳۰ * ۵۰ سانتیمتر	اندازه‌گیری	طول و عرض	مشخصات زمین/نمونه
۱ لایه	اندازه‌گیری	تعداد لایه ها	مشخصات لایه های خاک
۵ سانتی متر	اندازه‌گیری	ضخامت لایه	
۱۵ تا ۷۰ درصد	اندازه‌گیری	کسر شن	
۵ تا ۲۰ درصد	اندازه‌گیری	کسر شن ریز	
۲۰ تا ۶۰ درصد	اندازه‌گیری	کسر سیلت	
۸ تا ۴۰ درصد	اندازه‌گیری	کسر رس	
۰	اندازه‌گیری	کسر حجمی سنگ	
۱,۲ تا ۱,۴ g/cm ³	اندازه‌گیری	جرم مخصوص ظاهری خشک	
	محاسبه	متوسط جرم مخصوص خاکدانه ها	
	محاسبه	متوسط پایداری خاکدانه ها در حالت خشک	
	اندازه‌گیری	میانگین هندسی قطر خاکدانه ها	
	اندازه‌گیری	انحراف معیار هندسی اندازه خاکدانه ها	
۰,۰۱ میلی متر	فرض	حداقل اندازه خاکدانه	
۶ تا ۱۰ میلی متر	اندازه‌گیری	حداکثر اندازه خاکدانه	
نقطه پژمردگی	فرض	آستانه رطوبت خاک برای فرسایش	
۳ تا ۵ درصد		رطوبت خاک	
۰ تا ۱۰۰ درصد	فرض	کسر سطح دارای پوسته	مشخصات سطح
۲ تا ۱۰ میلی متر	اندازه‌گیری	ضخامت پوسته	
۰	فرض	بخشی از پوسته که روی آن مواد سست است	
۰	فرض	جرم مواد سست روی پوسته	
۱,۵ تا ۲	اندازه‌گیری	جرم مخصوص پوسته	
	محاسبه	پایداری پوسته	
	محاسبه	زبری تصادفی آلماراس	
	محاسبه	جرم مخصوص هوا	شرایط آب و هوا
۰	اندازه‌گیری	زاویه جهت باد نسبت به شمال	
۲۰ سانتیمتر	اندازه‌گیری	ارتفاع بادسنج	
	اندازه‌گیری	زبری ایرودینامیکی	
۱۲ متر بر ثانیه	اندازه‌گیری	سرعت و مدت زمان وزش باد	

نتایج و بحث

الف) مشخصات خاک‌ها و پوسته سطحی

برخی مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. خاک‌ها در سه گروه بافتی لوم رسی، لوم سیلتی و لوم شنی قرار دارند. وجود ذرات رس و همچنین املاح زیاد شرایط شکل‌گیری پوسته‌های فیزیکی در سطح خاک را فراهم ساخته است.

جدول ۲ - متوسط مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه (n=3)

بافت خاک	رس %	سیلت %	ماده آلی %	زبری ایرودینامیکی	WEF	MWD	ضخامت متوسط پوسته (mm)	مقاومت پوسته به فروروی (N.cm ⁻²)
لوم رسی	۳۲	۳۴	۰,۴۱	۰,۴ ^a	۰,۱۷ ^c	۱,۲۱ ^a	۶,۱ ^a	۹۵ ^a
لوم سیلتی	۱۶	۵۶	۰,۴۳	۰,۰۱ ^b	۰,۲۰ ^b	۱,۱۶ ^b	۵,۶ ^a	۱۰۶ ^a
لوم شنی	۹,۶	۲۶	۰,۳۶	۰,۰۵ ^b	۰,۲۴ ^a	۰,۶۳ ^c	۳,۷ ^b	۷۵ ^b

نتایج نشان داد که خاک‌های مورد مطالعه به لحاظ درصد رس، سیلت، بخش حساس به فرسایش بادی (WEF) و متوسط قطر وزنی خاکدانه‌ها اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند. بین زبری ایرودینامیکی اندازه‌گیری شده نیز اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. ضخامت و مقاومت پوسته تشکیل شده در سطح خاک لوم رسی و لوم سیلتی نسبت به خاک لوم شنی به طور معنی‌داری بیشتر بود که دلیل آن ذرات سیلت و ساختمان ضعیف است. ضخامت و مقاومت پوسته فیزیکی علاوه بر اینکه به خصوصیات خاک بستگی دارد، تحت تاثیر شدت و مقدار بارندگی و همچنین شدت خیس و خشک شدن قرار دارد (Fan و همکاران، ۲۰۰۸). Yan و همکاران، (۲۰۱۵) حداقل بارش لازم برای تشکیل پوسته سطحی در اراضی خشک و نیمه خشک را ۰,۵ میلی‌متر گزارش کرده است.

ب) تحلیل واریانس

نتایج تجزیه واریانس متغیرهای اندازه‌گیری شده نشان داد که اثر نوع خاک و میزان سطح دارای پوسته بر آستانه سرعت برشی، مقدار فرسایش و انتشار ذرات PM10 در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. اثرات متقابل نیز به جز بر میانگین هندسی قطر ذرات و زبری ایرودینامیکی، بر سایر پارامترها در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود.

جدول ۳ - جدول تجزیه واریانس متغیرهای اندازه‌گیری شده

میانگین مربعات			درجه آزادی	منبع تغییر
شار انتشار PM10	شار فرسایش	آستانه سرعت برشی سطح		
30588 **	40117 **	.044 **	2	خاک
8232 **	144367 **	.022 *	4	نسبت سطح دارای پوسته
1679 **	8223 *	.013 n.s	8	خاک * تردد دام
16	2716	.006	18	خطا

ج) مقایسه میانگین‌ها

در هر سه خاک، بیشترین آستانه سرعت برشی شبیه‌سازی شده در حالت ۱۰۰ درصد پوسته سطحی و کمترین در حالت صفر درصد پوسته سطحی مشاهده شد. بین سطح دارای پوسته سطحی و آستانه سرعت برشی ارتباط مستقیم به‌دست آمد. به طور کلی در هر سه خاک، آستانه سرعت برشی خاک فاقد پوسته سطحی در مقایسه با خاک دارای پوشش کامل از پوسته سطحی ۴۰ درصد کاهش یافت. این یافته‌ها با یافته‌های سایر محققان مطابقت دارد. به عنوان مثال، Argaman و همکاران (۲۰۰۶) پس از مطالعه اثر پوسته سطحی بر آستانه سرعت برشی در حوضه دریای آرال دریافتند که آستانه سرعت برشی خاک‌های دارای پوسته تقریباً دو برابر خاک‌های بدون پوسته بود. همچنین Belnap و Gillette (۱۹۹۸) گزارش دادند که سرعت آستانه برشی خاک‌های شنی با پوسته‌ای نازک در بیابان‌های جنوب ایالات متحده حدود ۳۰ تا ۲۷۰ درصد بیشتر از آستانه سرعت همان خاک‌ها بدون پوسته سطحی بود. در مطالعه‌ای دیگر، Leys و Eldridge (۱۹۹۸) دریافتند که آستانه سرعت برشی خاک‌های مرتعی دارای پوسته در بیابان‌های جنوب استرالیا در مقایسه با آنهایی که پوسته نداشتند، ۰٫۵ تا ۱٫۵ برابر بزرگتر بود.

جدول ۳- میانگین مقادیر شبیه‌سازی شده آستانه سرعت برشی، مقدار تلفات خاک و انتشار PM10 در سناریوهای مختلف از پوشش پوسته‌ای در سطح.

آستانه سرعت برشی سطح (متر بر ثانیه)					خاک
۱۰۰ درصد	۷۵ درصد	۵۰ درصد	۲۵ درصد	۰ درصد	
۰٫۹۴۴ a	۰٫۸۵۷ b	۰٫۷۶۵۵ c	۰٫۶۷۴ d	۰٫۶۰۶ e	لوم رسی
۰٫۹۴۴ a	۰٫۸۵۴ b	۰٫۷۶۴ c	۰٫۶۷۱ d	۰٫۶۰۲ e	لوم سیلتی
۱٫۰۰۹ a	۰٫۸۸۸ b	۰٫۷۹۰ c	۰٫۶۹۶ d	۰٫۶۴۷ e	لوم شنی
مقدار فرسایش کل (گرم بر متر مربع در ثانیه)					
۱۰۰ درصد	۷۵ درصد	۵۰ درصد	۲۵ درصد	۰ درصد	
۰ e	۰٫۳۳۳ d	۱٫۰۱۹ c	۲٫۳۴۸ b	۳٫۷۰۹ b	لوم رسی
۰ e	۰٫۲۴۲ d	۰٫۷۷۴ c	۱٫۸۹۱ b	۴٫۰۲۱ a	لوم سیلتی
۰ e	۰٫۳۲۷ d	۰٫۹۵۲ c	۲٫۲۴۲ b	۴٫۰۱۹ a	لوم شنی
شار انتشار PM10 (گرم بر متر مربع در ثانیه)					
۱۰۰ درصد	۷۵ درصد	۵۰ درصد	۲۵ درصد	۰ درصد	
۰ g	۰٫۰۰۱۵ f	۰٫۰۰۴۷ e	۰٫۰۱۱۲ c	۰٫۰۱۸۳ b	لوم رسی
۰ g	۰٫۰۰۲۰ f	۰٫۰۰۶۶ d	۰٫۰۱۶۸ b	۰٫۰۴۷۰ a	لوم سیلتی
۰ g	۰٫۰۰۰۷ g	۰٫۰۰۲۸ f	۰٫۰۰۷۰ d	۰٫۰۱۳۳ c	لوم شنی

نتایج شبیه‌سازی مقدار فرسایش و شار انتشار PM10 نشان داد با کاهش سطح دارای پوسته مقدار فرسایش و شار انتشار PM10 به طور معنی‌داری افزایش یافت. زمانی که سطح خاک کاملاً با پوسته سطحی پوشیده شده است، فرسایش خاک متوقف شد. نتایج نشان می‌دهد در خاک لوم رسی با کاهش سطح دارای پوسته از ۷۵ درصد به ۵۰ درصد، مقدار فرسایش خاک و همچنین انتشار PM10 بیش از ۳ برابر شده است. این مقدار افزایش در خاک لوم سیلتی بیشتر و در خاک لوم شنی کمتر بود. با کاهش سطح دارای پوسته از ۷۵ درصد به ۲۵ درصد، مقدار فرسایش و شار انتشار PM10 به طور متوسط برای

هر سه خاک، حدود ۷ برابر افزایش یافتند. در حالت بدون پوشش پوسته‌های، خاک لوم رسی نسبت به دو خاک دیگر مقاومت بیشتری از خود در برابر فرسایش نشان داد. مطالعات قبلی به خوبی نشان داده که خاک‌های شنی در مقایسه با خاک‌های ریزبافت به دلیل داشتن ساختمان ضعیف‌تر مقاومت کمتری در برابر فرسایش بادی دارند (لیز و الدرچ، ۱۹۹۸). طبق نظر Belnap و همکاران (۲۰۰۷) در مناطق خشک و نیمه خشک بیابانی برای خاک‌های شنی تشکیل پوسته زیستی و برای خاک‌های ریزبافت تشکیل پوسته فیزیکی نقش مهمی در مقاومت سطح خاک و کاهش فرسایش بادی به عهده دارند. مقدار فرسایش و شار انتشار PM10 در حالت بدون پوسته سطحی نسبت به حالت ۷۵ درصد پوسته سطحی بین ۱۱ تا ۱۲ برابر بیشتر بود. این یافته‌ها اهمیت حفظ پوسته‌های سطحی خاک به عنوان یکی از مهمترین اقدامات مهار فرسایش در این مناطق نشان می‌دهد. طبق اظهارات Belnap و Gillette (۲۰۰۶) پایداری و مقاومت خاک در برابر فرسایش بادی در شرایط خشکی بستگی به وجود پوسته‌های سطحی (فیزیکی و زیستی) و عوامل فیزیکی مانند سنگریزه و بقایای گیاهی دارد. Belnap (۲۰۰۶) یکی از دلایل افزایش فراوانی طوفان‌های گرد و غبار در جهان را تخریب پوسته‌های سطحی خاک (به‌ویژه پوسته‌های زیستی) عنوان کرده است.

نتیجه‌گیری

به دلیل مقادیر زیاد رس و املاح، شکل‌گیری پوسته سطحی فیزیکی یکی از مشخصه‌های عمومی خاک‌های کانون‌های شرقی و جنوب شرقی گرد و غبار اهواز است. مطالعات نشان داده است که وجود این پوسته‌ها تاثیر قابل توجهی در مهار فرسایش دارند. آستانه سرعت برشی، مقدار فرسایش و شار انتشار PM10 این خاک‌ها با در نظر گرفتن سناریوهای مختلف از پوشش پوسته‌ای توسط مدل SWEEP شبیه‌سازی شد. نتایج نشان داد که آستانه سرعت برشی سطح خاک‌های دارای پوسته در مقایسه با خاک‌های بدون پوسته حدود ۱٫۶ برابر بزرگتر بود. مقدار فرسایش و شار انتشار PM10 در خاک‌های دارای پوسته صفر بود. نتایج نشان داد مقدار فرسایش و شار انتشار PM10 در خاک بدون پوسته نسبت به خاک دارای بیش از ۱۲ برابر بزرگتر بود.

به دلیل وجود صنایع و تاسیسات نفت و گاز مختلف و همچنین روستاهای زیاد در اطراف و محدوده کانون‌های گرد و غبار خوزستان و فقدان جاده‌های اختصاصی برای آنها و نیز تعداد دام زیاد، سطح خاک به شدت تحت فشار و تنش ناشی از تردد دام و وسایل نقلیه قرار دارند. از طرفی، خاک این مناطق به دلیل کمبود مواد آلی و وجود مقادیر زیاد سدیم دارای ساختمان سست و ضعیفی بوده و بسیار حساس به تنش و دست‌خوردگی است. به این ترتیب، می‌توان دست‌خوردگی سطح این خاک‌ها در اثر تردد دام و وسایل نقلیه و به دنبال آن تخریب پوسته و ساختمان سطح خاک را مهمترین عامل وقوع گرد و غبارهای با منشأ داخلی دانست. بنابراین، مدیریت چرا و ایجاد جاده‌های اختصاصی در این مناطق به منظور جلوگیری از تخریب ساختمان و پوسته‌های سطحی یکی از راه‌کارهای مقابله با گرد و غبار می‌باشد که تاکنون توجه زیادی به آن نشده است. محدود کردن ورود دام و تامین علوفه آنها به ویژه در فصول تابستان می‌تواند باعث کاهش قابل توجهی در فرسایش خاک و تولید گرد و غبار از این مناطق گردد.

منابع

۱. اژدری ع، ۱۳۹۵. گزارش ژئوشیمی رسوبی کانون‌های گردوغبار در استان خوزستان. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور. مدیریت زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی منطقه جنوب باختری (اهواز).
۲. درگاهیان ف، لطفی نسب اصل س، خسرو شاهی م، ۱۳۹۶. تعیین سهم منابع داخلی و خارجی گردوغبار در خوزستان. طبیعت ایران، جلد ۲، شماره ۵.
۳. روزنامه ایران، خسارت سالانه ۶ هزار میلیارد تومانی گرد و غبار به ۵ استان. یکم آبان ۱۳۹۹.



۴. سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۹۰. مرکز پردازش داده‌های هواشناسی استان اهواز، خوزستان، ایران.
5. Argaman, E., A. Singer, and H. Tsoar. 2006. Erodibility of some crust forming soils/sediments from the Southern Aral Sea Basin as determined in a wind tunnel. *Earth Surf. Process. Landf.* 31:47–63. doi:10.1002/esp.1230
 6. Belnap J, Büdel B, Lange OL. 2003. Biological soil crusts: characteristics and distribution. In *Biological Soil Crusts: Structure, Function, and Management*, Belnap J, Lange OL (eds). Springer-Verlag: Berlin; 3–30.
 7. Belnap J, Gillette DA. 1998. Vulnerability of desert biological soil crusts to wind erosion: the influences of crust development, soil texture, and disturbance. *Journal of Arid Environments* 39: 133–142.
 8. Belnap, J. 2006. The potential roles of biological soil crusts in dryland hydrologic cycles. *Hydrol. Processes* 20:3159-3178. doi:10.1002/hyp.6325
 9. Belnap, J., and D. Eldridge. 2003. Disturbance and recovery of biological soil crusts. Pages 363–383 in J. Belnap and O. L. Lange, editors. *Biological soil crusts: structure, function, and management*. Springer, Heidelberg, Germany.
 10. Belnap, J., B.J. Walker, S.M. Munson, and R.A. Gill. 2014. Controls on sediment production in two U.S. deserts. *Aeolian Res.* 14:15–24. doi:10.1016/j.aeolia.2014.03.007
 11. Belnap, J., S. L. Phillips, J. E. Herrick, and J. R. Johansen. 2007. Wind erodibility of soils at Fort Irwin, California (Mojave Desert), USA, before and after trampling disturbance: implications for land management. *Earth Surface Processes and Landforms* 32:75–84.
 12. Blake, G.R., Hartge, K.H., 1986. Bulk density. In: *Methods of soil analysis*, 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, pp. 363–375.
 13. Duiker S, Flanagan D, Lal R. 2001. Erodibility and infiltration characteristics of five major soils of southwest Spain. *Catena.* 45:103–121.
 14. Feng GL, Sharratt B, Vaddella V. 2013. Wind-blown soil crust formation under light rainfall in a semiarid region. *Soil Tillage Res.* 128:91–96.
 15. Gardner, W.H., 1986. Water content. In: Klute, A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods*. SSSA, Madison, WI, pp. 493–544.
 16. Gee, G.W., Or, D., 2002. Particle-size analysis. In: Dane, J.H., Topp, G.C. (Eds.), *Methods of Soil Analysis, Part 4, Physical Methods*. SSSA, Madison, WI, pp. 255–293.
 17. Hevia GG, Mendez M, Buschiazio DE. 2007. Tillage affects soil aggregation parameters linked with wind erosion. *Geoderma.* 140:90–96.
 18. Hudson, T., and A. Cary. 1999. Dust storm causes deadly pileup on I-84. *Tri-City Herald*, 26 Sept: A1.
 19. Kemper, W.D., and R.C. Rosenau. 1986. Aggregate stability and size distribution. p. 425–442. In A. Klute (ed.) *Methods of soil analysis. Part 1. 2nd ed.* SSSA Book Ser. 5. SSSA, Madison, WI.
 20. Leys, J.F., and D.J. Eldridge. 1998. Influence of cryptogamic crust disturbance to wind erosion on sand and loam rangeland soils. *Earth Surf. Process. Landf.* 23:963–974. doi:10.1002/(SICI)1096-9837(199811)23:11<963::AIDESP914>3.0.CO;2-X
 21. Nel, A. 2005. Air pollution-related illness: Effects of particles. *Science* 308:804–806 doi:10.1126/science.1108752.
 22. Nelson, D., Sommers, L., 1982. Total Carbon, Organic Carbon and Organic Matter. ASA Publication No. 9, Madison, pp. 539–577.
 23. Pi, H., Sharratt, B., 2019. Threshold friction velocity influenced by the crust cover of soils in the Columbia plateau. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 83 (1), 232–241. <https://doi.org/10.2136/sssaj2018.06.0230>.
 24. Rice MA, McEwan IK. 2001. Crust strength: A wind tunnel study of the effect of impact by saltating particles on cohesive soil surfaces. *Earth Surface Processes and Landforms* 26: 721–733.



چهارمین کنفرانس ملی حفاظت خاک و آبخیزداری با محوریت گرد و غبار

تهران- پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

۲۸ بهمن ماه ۱۳۹۹



25. Fan Y., T. Lei, I. Shainberg, Q. Cai. 2008. Wetting rate and rain depth effects on crust strength and micromorphology Soil Sci. Soc. Am. J., 72 (2008), pp. 1604-1610
26. Yan Y., Wu L., Xin X., Wang X., Yang G., 2015. How rain-formed soil crust affects wind erosion in a semi-arid steppe northern China. Geoderma 249–250 (2015) 79–86
27. Zarasvandi A, Carranza EJM, Moore F, Rastmanesh F (2011) Spatio-temporal occurrences and mineralogical–geochemical characteristics of airborne dusts in Khuzestan Province (southwestern Iran). J Geochem Explor 111:138–151
28. Zarasvandi, A., 2009. Environmental impacts of dust storms in the Khuzestan province. Environmental Protection Agency (EPA) of Khuzestan province, Internal Report. 375p.
29. Zhang KL, Li S, Peng W, Yu B. 2004. Erodibility of agricultural soils on the Loess Plateau of China. Soil Till Res. 76:157–165.