



19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۴۰۴ شهریور ۲۷ تا ۲۵



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



بررسی تأثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر فرسایش بادی در استان بوشهر

۱ سمیه دهقانی[✉]، غلامرضا راهی^۲، کیوان ولی زاده راد^۳، امین شهبازیانی فرد^۱ و فاطمه مجیدی^۴

- ۱- بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بوشهر، ایران. somayehdehghany@yahoo.com
- ۲- بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بوشهر، ایران.
- ۳- دانش آموخته دکتری حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه. دانشگاه تهران. تهران، ایران.
- ۴- بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بوشهر، ایران.

چکیده

فرسایش بادی از مهم‌ترین فرآیندهای تخریب خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک است که پایداری اکوسیستم‌ها و بهره‌وری اراضی را تهدید می‌کند. باتوجه به قرارگیری استان بوشهر در منطقه خشک و نیمه‌خشک و وقوع طوفان‌های گرد و غبار در این منطقه نمونه‌های خاک از ۲۲ ایستگاه موردنظر از ۷ شهرستان استان با هدف بررسی عوامل مؤثر بر شدت فرسایش‌پذیری بادی در منطقه مورد مطالعه انجام شد. نتایج نشان داد که بافت خاک، به‌ویژه درصد شن، رس و سیلت، مهم‌ترین نقش را در کنترل فرسایش ایفا می‌کند؛ به‌طوری‌که افزایش شن موجب کاهش سرعت آستانه و افزایش شدت فرسایش و در مقابل، افزایش رس و سیلت باعث تقویت پیوستگی ذرات و کاهش حساسیت خاک شد. در این پژوهش، درصد رس خاک بین ۴ تا ۴۰ درصد متغیر بود. وجود بیش از ۱۰ درصد رس در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران می‌تواند نقش مؤثری در کاهش فرسایش‌پذیری بادی ایفا کند. بررسی ویژگی‌های شیمیایی نیز بیانگر آن بود که کربنات کلسیم معادل (CCE) در خاک‌های شنی با تشدید فرسایش همراه است، در حالی‌که در خاک‌های ریزبافت تأثیر معناداری ندارد. همچنین اثر شوری (EC) وابسته به نسبت کاتیون‌های تثبیت‌کننده به پراکنده‌کننده بوده و در شرایط غالب بودن Ca^{2+} و Mg^{2+} ، موجب تقویت ساختار خاک و کاهش فرسایش شد. پوشش سطحی شن و سنگریزه‌ها نیز بسته به تراکم، اندازه و الگوی پراکنش، می‌تواند نقش حفاظتی یا تشدیدکننده داشته باشد. به طور کلی، فرسایش‌پذیری بادی در منطقه پدیده‌ای چندعاملی است که برای مدیریت آن استفاده از پوشش‌های گیاهی بومی همراه با مدیریت چرا، به‌کارگیری پوشش‌های سطحی مانند مالچ‌های فوق‌آب‌گریز و نصب حصارهای شنی بهینه‌شده مؤثر است. این روش‌ها با کاهش سرعت باد و تثبیت خاک، به بهبود پایداری اکوسیستم و افزایش بهره‌وری اراضی کمک می‌کنند. ترکیب این راهکارها متناسب با شرایط محلی، کلید مدیریت موفق فرسایش بادی است.

کلمات کلیدی: فرسایش بادی، بافت خاک، کربنات کلسیم معادل، شوری خاک، نسبت جذب سدیم، پوشش سطحی شن، مناطق خشک

و نیمه‌خشک

مقدمه

فرسایش بادی یکی از مهم‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی در مقیاس جهانی، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌رود. (Borrelli et al., 2017; Gholami & Mohammadifar, 2022). تغییرات اقلیمی، از جمله افزایش شدت و فراوانی خشکسالی‌ها، همراه با فعالیت‌های انسانی مانند چرای بی‌رویه، جنگل‌زدایی، کشت مداوم و رهاسازی اراضی کشاورزی، روند فرسایش بادی و بیابان‌زایی را تشدید کرده‌اند. (Middleton & Kang, 2017; Middleton, 2020; Chen et al., 2014). این پدیده موجب جدایی ذرات ریز و مواد آلی از سطح خاک، کاهش ظرفیت نگهداری آب و افت حاصلخیزی می‌شود و در نهایت به تخریب شدید خاک و زمین منجر می‌گردد. (Colazo & Buschiazzo, 2010; Lal, 2017; Zhao et al., 2022). همچنین گرد و غبار حاصل از آن، کیفیت هوا، منابع آب و سلامت انسان را تهدید کرده و می‌تواند به فواصل دور منتقل شود (Shepherd et al., 2016; Tian et al., 2021). شدت فرسایش بادی تحت تأثیر مجموعه‌ای از عوامل شامل ویژگی‌های (Yang et al., 2022).



19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



فیزیکی و شیمیایی خاک، رطوبت، بافت، سرعت و جهت باد، توپوگرافی، پوشش گیاهی و شیوه‌های مدیریتی قرار دارد (Liu et al., 2019; Kouchami et al., 2019; Mina et al., 2021).
ش - از طریق اثرگذاری بر ویژگی‌هایی مانند جرم مخصوص ظاهری، پایداری خاکدانه، تخلخل و مقاومت برشی، نقش کلیدی در تعیین آستانه فرسایش‌پذیری دارد (Mazaheri et al., 2012). علاوه بر این، ترکیبات شیمیایی نظیر کربنات کلسیم معادل و کربن آلی نیز با تغییر پایداری خاکدانه‌ها می‌توانند بر شدت فرسایش اثرگذار باشند (Borrelli et al., 2016). از سوی دیگر، شیوه‌های مدیریتی و خاک‌ورزی نیز تأثیر چشمگیری بر مقاومت خاک در برابر باد دارند (Bronick & Lal, 2005; Zobeck & Popham, 1990).
آزمایشگاهی یا میدانی است. این ابزار امکان شبیه‌سازی شرایط متنوع باد را فراهم کرده و اثر ویژگی‌های خاک، پوشش گیاهی و اقدامات مدیریتی را بر نرخ فرسایش ارزیابی می‌کند (Kouchami et al., 2019; Shao, 2008). در مناطقی که پایش‌های بلندمدت دشوار است، تونل‌های باد قابل حمل ابزاری ارزشمند برای برآورد خطر فرسایش محسوب می‌شوند (Marzen et al., 2020).
مقاومت فشاری، در آغاز فرسایش بادی نقش تعیین‌کننده‌ای دارند (Mina et al., 2023). استان بوشهر، واقع در نوار جنوبی ایران و همجوار خلیج فارس، یکی از نواحی خشک و نیمه‌خشک کشور است که همواره در معرض طوفان‌های گردوغبار قرار دارد. این استان با وسعتی حدود ۲۵۳۶۰ کیلومتر مربع، دارای بیش از ۴۱۹۸۳۷ هکتار اراضی بیابانی (معادل ۶/۱۶ درصد مساحت کل) است و به‌عنوان یکی از کانون‌های فعال گردوغبار در ایران شناخته می‌شود. استان بوشهر به دلیل قرارگیری در منطقه خشک و نیمه‌خشک، داشتن گستره وسیعی از زمین‌های باز و فاقد پوشش گیاهی مستحکم، و قرار گرفتن در مسیر وزش بادهای شدید و مکرر، شرایط ایده‌آلی برای وقوع فرسایش بادی دارد. همچنین، کمبود بارش، دمای بالا و نوسانات رطوبتی زیاد موجب کاهش رطوبت خاک و تضعیف پیوستگی ذرات خاک می‌شود که حساسیت خاک را به فرسایش افزایش می‌دهد. ترکیب این عوامل جغرافیایی و اقلیمی، بوشهر را به یک منطقه مناسب و حیاتی برای مطالعات فرسایش بادی تبدیل کرده است. بنابراین، انجام پژوهش‌های میدانی مبتنی بر روش‌های تجربی همچون تونل باد، برای بررسی سرعت آستانه فرسایش بادی، ارزیابی شدت بادبردگی در سرعت‌های مختلف (۱۵، ۲۰ و ۲۵ متر بر ثانیه) و تحلیل ارتباط آن با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، ضرورتی اجتناب‌ناپذیر دارد. نتایج چنین پژوهش‌هایی می‌تواند علاوه بر غنی‌سازی دانش علمی در حوزه فرسایش بادی، مبنای مناسبی برای طراحی اقدامات حفاظتی، مدیریت منابع طبیعی و کاهش آسیب‌پذیری اراضی در برابر تهدیدات ناشی از گردوغبار در استان بوشهر فراهم آورد.

روش‌شناسی پژوهش

منطقه مورد مطالعه شامل اراضی بیابانی هفت شهرستان استان بوشهر (بوشهر، تنگستان، دشتستان، دشتی، دیر، دیلم و عسلویه) است. این استان در جنوب غرب ایران و بین ۱۸°۲۷' تا ۱۴°۳۰' عرض شمالی و ۵۲°۰۶' تا ۵۸°۵۲' طول شرقی قرار دارد (شکل ۱). بر اساس طبقه‌بندی دومارتن، اقلیم آن از فراخشک گرم تا نیمه‌خشک معتدل متغیر بوده و حدود ۱۶/۶ درصد از مساحت استان را اراضی بیابانی تشکیل می‌دهد. برای اندازه‌گیری شاخص‌های فرسایش بادی، از ۲۲ کانون فرسایشی در هفت شهرستان یادشده نمونه‌برداری شد. از هر کانون، نمونه‌های دست‌نخورده خاک (۲۵ کیلوگرم) از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر برداشت و پس از ثبت ویژگی‌های ظاهری، به آزمایشگاه منتقل گردید. شاخص‌های مورد بررسی شامل سرعت آستانه فرسایش مشاهداتی (m/s)، سرعت آستانه محاسباتی (m/s) و میزان بادبردگی (kg/m²/min) بودند. برای تعیین این شاخص‌ها، از تونل باد آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور استفاده شد. نمونه‌ها پس از آماده‌سازی در سینی‌های مخصوص قرار داده شدند و سرعت باد به تدریج افزایش یافت تا اولین حرکت یکنواخت ذرات خاک مشاهده شد؛ این مقدار به‌عنوان سرعت آستانه فرسایش مشاهداتی



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

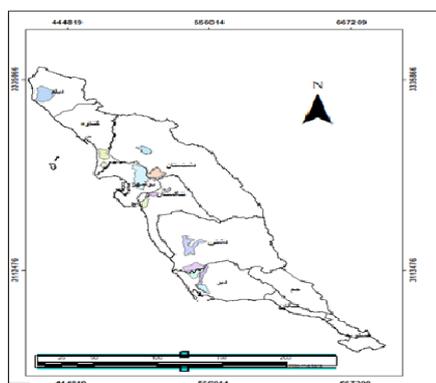
Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



ثبت گردید. سپس نمونه‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در معرض بادهایی با سرعت‌های بالاتر از آستانه قرار گرفتند و کاهش وزن آن‌ها برای محاسبه شدت بادبردگی اندازه‌گیری شد. در این مطالعه، ۲۲ نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر در نزدیکی کانون‌های فرسایش بادی جمع‌آوری و پس از خشک شدن و الک شدن، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن‌ها بررسی شد (Yang et al., 2016; Li et al., 2016). رطوبت اشباع با روش هیدرومتری تعیین شد (Bouyoucos, 1962)، رطوبت اشباع به روش وزنی اندازه‌گیری گردید (Famiglietti et al., 1998) و اسیدیته و هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع با pH متر و روش استاندارد ارزیابی شد (McLean, 1983; Roads, 1996). درصد کربنات کلسیم با خنثی‌سازی و تیتراسیون (Nelson, 1996)، کاتیون‌های Ca و Mg با EDTA (Richards, 1954) و Na و K با شعله‌سنج اندازه‌گیری شدند (Sparks, 2020). نسبت جذب سدیم (SAR) نیز از غلظت کاتیون‌ها محاسبه شد.



شکل ۱. نمای کلی م ایستگاه‌های گرد و غبار در استان بوشهر

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

نرمال بودن توزیع آماری داده‌ها با آزمون کلموگروف اسمیرنوف^۱، توصیف آماری و آزمون ضریب همبستگی پیرسون^۲ برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی با فرسایش خاک با استفاده از نرم‌افزار^۳ SPSS 25 انجام گرفت. آنالیز تجزیه واریانس^۴ (ANOVA) و مقایسه میانگین با نرم‌افزار SAS 5 در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

استان بوشهر شامل هفت شهرستان بیابانی با کانون‌های فعال فرسایش بادی است. در شهرستان بوشهر، منطقه بوشهر-چغادک-عالبشهر با ۵۷۹۱۳ هکتار شامل سایت‌های حله، بوشهر، چاه کوتاه و بخشی از ابوالفیروز قرار دارد. دشتستان دارای سه کانون شامل بوری (۶۵۱۵ هکتار) و ابوالفیروز (۱۰۶۷۳ هکتار) است. دشتی با دو کانون مند ۱ و مند ۲ مجموعاً ۲۸۱۲۳ هکتار را پوشش می‌دهد که بخشی از آن با دیر مشترک است. شهرستان دیر شامل کانون‌های مند ۲ مشترک با دشتی و بردخون (۱۱۸۵۲ هکتار) می‌باشد. تنگستان چهار کانون دارد که شامل ابوالفیروز مشترک با دشتستان، گرگور (۴۷۲۵ هکتار)، عالی‌شهر (۲۸۵۴ هکتار) و چاه‌پیر (۱۳۴۹ هکتار) است. در گناوه دو کانون رود شور (۷۳۱۲ هکتار) و ریگ (۷۸۵ هکتار) وجود دارد و دیلم یک کانون شامل سایت‌های پرورش میگوی دیلم با مساحت ۶۱۰۷ هکتار دارد. کمترین و بیشترین سرعت آستانه فرسایش مشاهداتی به ترتیب ۵ و ۱۵ متر بر ثانیه و محاسباتی ۶ و ۱۹ متر بر ثانیه بوده است. پایین‌ترین سرعت آستانه فرسایش در روستای پهلوان‌کشی و

¹ K-S Test

² Pearson Correlation Coefficient

³ Statistical Package for the Social Sciences

⁴ Analysis of Variance



19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



جنوب‌غربی منطقه با بافت شنی، پوشش گیاهی ضعیف و رطوبت سطحی پایین مشاهده شد که بحرانی‌ترین ناحیه محسوب می‌شود. بیشترین سرعت آستانه در اراضی رها شده جاده کبگان و سایت‌های پرورش میگو ثبت شد. بیشترین میزان بادبردگی در مناطق با کمترین سرعت آستانه و کمترین بادبردگی در مناطق با بالاترین سرعت آستانه رخ داد. دامنه گسترده سرعت‌های آستانه (۵ تا ۱۵ متر بر ثانیه) نشان‌دهنده تنوع فرسایش‌پذیری خاک‌هاست و با افزایش سرعت آستانه، نیاز به باد شدیدتر برای جابه‌جایی ذرات خاک وجود دارد، که بیانگر مقاومت خاک است (Giuffrida et al., 2016). جدول ۱ همبستگی پیرسون بین ویژگی‌های خاک و شاخص‌های فرسایش بادی، شامل سرعت آستانه فرسایش و شدت فرسایش در سرعت‌های باد ۱۵، ۲۰ و ۲۵ متر بر ثانیه، نقش برجسته بافت خاک در فرسایش‌پذیری را نشان می‌دهد. نتایج تحلیل‌ها بیانگر آن است که درصد شن با سرعت آستانه فرسایش رابطه منفی و با شدت فرسایش رابطه مثبت دارد؛ افزایش شن باعث کاهش مقاومت خاک در برابر جدایش ذرات و افزایش فرسایش می‌شود. در مقابل، ذرات ریز مانند رس و سیلت اثر تثبیت‌کننده دارند و افزایش آن‌ها موجب کاهش فرسایش بادی می‌شود. این امر ناشی از پیوستگی بین ذرات و تشکیل کلوخه‌های مقاوم است (Pásztor et al., 2016; Idah et al., 2008). در مطالعه حاضر، درصد رس بین ۴ تا ۴۰ درصد متغیر بود و نتایج نشان دادند که بیش از ۱۰ درصد رس در خاک‌های خشک و نیمه‌خشک ایران به کاهش فرسایش کمک می‌کند. با این حال، درصد رس بسیار بالا از ۴۰٪ (می‌تواند شکنندگی خاک را افزایش دهد و حساسیت آن به فرسایش را بالا ببرد، که با گزارش (Chepil (1954) و Zou et al. (2018) همخوانی دارد. پوشش سطحی شن، با تغییرات ۱۷ تا ۸۹ درصد نقش محافظتی دارد، اما اثر آن به تراکم، اندازه ذرات و الگوی پراکنش وابسته است. اگرچه انتظار می‌رود پوشش شن سرعت آستانه فرسایش را افزایش دهد، در برخی مناطق کاهش سرعت آستانه و افزایش حساسیت خاک مشاهده شد. این یافته‌ها با مطالعات (Marticorena et al. (1997) و Marshall (1971) همخوانی دارد. Feng et al. (2011) و (2010) همخوانی دارد که نشان می‌دهد پوشش‌های سطحی با جذب بخشی از انرژی باد و توزیع تنش برشی مانع جدایش ذرات می‌شوند. فرسایش بادی فرآیندی انتخابی است و ذرات سبک‌تر و متوسط بیشتر جابجا می‌شوند، در حالی که ذرات بسیار کوچک یا بزرگ کمتر تحت تأثیر قرار می‌گیرند (Li et al., 2003).

جدول ۱. همبستگی ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی خاک با میزان و سرعت آستانه فرسایش باد در منطقه مورد مطالعه

ویژگی‌های خاک	سرعت آستانه فرسایش مشاهده‌ای $m.s^{-1}$	سرعت آستانه محاسباتی ($m.s^{-1}$)	جمع باد بردگی $(Kg m^{-2} min^{-1})$	میزان فرسایش ($Kg m^{-2} min^{-1}$) در سرعت باد ۱۵ کیلومتری	میزان فرسایش ($Kg m^{-2} min^{-1}$) در سرعت باد ۲۰ کیلومتری	میزان فرسایش ($Kg m^{-2} min^{-1}$) در سرعت باد ۲۵ کیلومتری
شن	-۰/۴۹*	-۰/۵۳*	-۰/۵۹**	-۰/۶**	-۰/۶**	-۰/۵۷**
سیلت	۰/۴۵*	۰/۴۷*	-۰/۵۶**	-۰/۵۶**	-۰/۵۷**	-۰/۵۵**
رس	۰/۴۵*	۰/۵۳*	-۰/۵۳*	-۰/۵۴**	-۰/۵۳**	-۰/۴۹*
نسبت جذب سدیم	۰/۱	۰/۳۵	-۰/۴	-۰/۴	-۰/۴	-۰/۴
کلسیم + منیزیم محلول	۰/۴۲*	۰/۴۲*	-۰/۵۷**	-۰/۵۶**	-۰/۵۶**	-۰/۵۶**
گچ	۰/۳	۰/۳	-۰/۲	-۰/۲	-۰/۲	-۰/۲
آهک	-۰/۶۳**	-۰/۶**	۰/۶۵**	۰/۶۲**	۰/۶۵**	۰/۶۵**
pH	-۰/۶۹**	-۰/۶۹**	۰/۷**	۰/۶۸**	۰/۷۱**	۰/۷**
قابلیت هدایت الکتریکی	۰/۷۱**	۰/۷۳**	-۰/۵۴**	-۰/۵۳*	-۰/۵۴*	-۰/۵۵**
درصد اشباع	۰/۳	۰/۳	-۰/۳	-۰/۳	-۰/۳	-۰/۳

* و ** معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد



19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۲۷ تا ۲۹ شهریور ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



ویژگی‌های شیمیایی خاک نیز تأثیر قابل توجهی بر فرسایش دارند. کرنات کلسیم معادل (CCE) بین ۴۵ تا ۸۵ درصد با سرعت آستانه فرسایش رابطه منفی و با شدت فرسایش رابطه مثبت دارد؛ افزایش CCE در خاک‌های شنی باعث کاهش مقاومت و افزایش فرسایش می‌شود. این اثر غیرخطی و بافت‌وابسته است؛ در خاک‌های با ذرات ریز یا بافت متوسط، افزایش CCE تأثیر زیادی بر فرسایش ندارد، اما در خاک‌های شنی و شنی‌لومی با CCE بالا تراز ۶۰ درصد فرسایش به‌طور معناداری افزایش می‌یابد (Chepil, 1954; Tatarko, 2001; Sirjani et al., 2019). این یافته‌ها نشان می‌دهد که ارزیابی اثر CCE بر فرسایش باید در چارچوب بافت خاک و سایر ویژگی‌های فیزیکی انجام شود. قابلیت هدایت الکتریکی خاک (EC) با سرعت آستانه رابطه مثبت و با شدت فرسایش رابطه منفی دارد، در حالی که نسبت جذب سدیم (SAR) اثر معناداری نشان نداد. ترکیب یونی غالب خاک‌های منطقه شامل کلسیم و منیزیم است که با ایجاد پیوند بین ذرات رس و افزایش اندازه و پایداری خاکدانه‌ها، فرسایش‌پذیری بادی را کاهش می‌دهد (Warrence et al., 2016; Yazdanpanah et al., 2002; Moosavi & Sepaskhah, 2012). حضور یون‌های تثبیت‌کننده در خاک‌های آهکی، با ایجاد پیوند بین ذرات ریز و تثبیت ساختار خاک، باعث کاهش فرسایش می‌شود، در حالی که افزایش غلظت یون‌های سدیم و نسبت بالای آن نسبت به یون‌های تثبیت‌کننده می‌تواند منجر به پراکندگی ذرات و کاهش پایداری خاک شود (Farid Giglo et al., 2014; Mahmoodabadi et al., 2013; Yan et al., 2015). نتایج نشان داد که شدت فرسایش بادی و سرعت آستانه در مناطق مختلف با ترکیبی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین می‌شوند. به‌عنوان مثال، جنوب‌غربی منطقه با بافت شنی، پوشش گیاهی ضعیف، پوشش سطحی سنگریزه‌ای کم و رطوبت سطحی پایین، کمترین سرعت آستانه و بیشترین شدت فرسایش را داشت و به‌عنوان ناحیه بحرانی شناسایی شد. در مقابل، اراضی رها شده جاده کبگان و سایت‌های پرورش میگو بیشترین سرعت آستانه و کمترین شدت فرسایش را نشان دادند. این تفاوت‌ها نشان‌دهنده اهمیت تعامل عوامل خاکی و اقلیمی در تعیین حساسیت خاک به فرسایش است (Giuffrida et al., 2016). به‌طور کلی، فرسایش بادی در منطقه تحت تأثیر تعامل پیچیده‌ای از عوامل فیزیکی (بافت، اندازه و تراکم ذرات، پوشش سطحی) و شیمیایی (CCE، EC، ترکیب یونی) قرار دارد. تحلیل این عوامل باید در چارچوب شرایط اقلیمی، توزیع مکانی خاک و ویژگی‌های منطقه‌ای انجام شود تا بتوان راهبردهای مدیریت خاک و کاهش فرسایش را به‌طور مؤثر طراحی کرد. یافته‌های این مطالعه پایه علمی محکمی برای برنامه‌ریزی حفاظتی و توسعه استراتژی‌های مقابله با فرسایش بادی در مناطق خشک و نیمه‌خشک فراهم می‌کند (Sirjani et al., 2019; Giuffrida et al., 2016).

نتیجه‌گیری کلی:

استان بوشهر با کانون‌های فعال فرسایش بادی و تنوع ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، منطقه‌ای مستعد فرسایش است. نتایج نشان داد درصد بالای شن باعث کاهش سرعت آستانه و افزایش شدت فرسایش می‌شود، در حالی که رس و سیلت با تثبیت ذرات مقاومت خاک را افزایش می‌دهند. از نظر شیمیایی، افزایش کرنات کلسیم در خاک‌های شنی فرسایش را تشدید می‌کند، اما هدایت الکتریکی خاک (EC) و حضور کاتیون‌های تثبیت‌کننده مانند کلسیم و منیزیم ساختار خاک را تقویت کرده و فرسایش را کاهش می‌دهند. پوشش سطحی شن و سنگریزه بسته به تراکم و پراکنش می‌تواند نقش محافظتی یا تشدیدکننده داشته باشد و نواحی با پوشش گیاهی ضعیف و رطوبت پایین حساس‌ترین مناطق اند.

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر بخشی از طرح تحقیقاتی «پایش عوامل مؤثر و منابع گرد و غبار و ماسه‌های روان در استان بوشهر» است که با همکاری مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر انجام شده است. بدین‌وسیله از راهنمایان و حمایت‌های ارزنده مدیران و کارشناسان محترم این مراکز که در مسیر ارتقاء کیفیت این پژوهش نقش مؤثری ایفا کرده‌اند، صمیمانه قدردانی می‌شود.

Reference

- Borrelli, P., Robinson, D. A., Fleischer, L. R., Lugato, E., Ballabio, C., Alewell, C., ... & Panagos, P. (2017). An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. *Nature communications*, 8(1), 2013.
- Chen, L., Gao, J., Ji, Y., Bai, Z., Shi, M., & Liu, H. (2014). Effects of particulate matter of various sizes derived from suburban farmland, woodland and grassland on air quality of the central district in Tianjin, China. *Aerosol and Air Quality Research*, 14(3), 829-839.



19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



- Colazo, J. C., & Buschiazzi, D. E. (2010). Soil dry aggregate stability and wind erodible fraction in a semiarid environment of Argentina. *Geoderma*, 159(1-2), 228-236.
- Gholami, H., & Mohammadifar, A. (2022). Novel deep learning hybrid models (CNN-GRU and DLDL-RF) for the susceptibility classification of dust sources in the Middle East: a global source. *Scientific Reports*, 12(1), 19342.
- Giuffrida, F., Cassaniti, C., Malvuccio, A., & Leonardi, C. (2017). Effects of salt stress imposed during two growth phases on cauliflower production and quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(5), 1552-1560.
- Kouchami-Sardoo, I., Shirani, H., & Besalatpour, A. A. (2020). Determining the Features Influencing the Structural Stability of Soils of Arid Regions Using a Hybrid GA-ANN Algorithm. *Applied Soil Research*, 8(3), 129-143.
- Lal, R. (2017). Soil erosion by wind and water: problems and prospects. In *Soil erosion research methods* (pp. 1-10). Routledge.
- Liu, M., Han, G., & Zhang, Q. (2019). Effects of soil aggregate stability on soil organic carbon and nitrogen under land use change in an erodible region in Southwest China. *International journal of environmental research and public health*, 16(20), 3809
- Marzen, M., Kirchoff, M., Marzloff, I., Ait Hssaine, A., & Ries, J. B. (2020). Relative quantification of wind erosion in argan woodlands in the Sous Basin, Morocco. *Earth surface processes and landforms*, 45(15), 3808-3823.
- Middleton, N. (2020). Health in dust belt cities and beyond—an essay by Nick Middleton. *bmj*, 371.
- Mina, M., Rezaei, M., Sameni, A., Riksen, M. J., & Ritsema, C. (2023). Estimating the indices of soil erodibility to wind erosion using pedo- and spectro-transfer functions in calcareous soils. *Geoderma*, 438, 116612.
- Mahmoodabadi, M., Yazdanpanah, N., Sinobas, L. R., Pazira, E., & Neshat, A. (2013). Reclamation of calcareous saline sodic soil with different amendments (D): Redistribution of soluble cations within the soil profile. *Agricultural water management*, 120, 30-38.
- Moosavi, A. A., & Sepaskhah, A. R. (2012). Determination of unsaturated soil hydraulic properties at different applied tensions and water qualities. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 58(1), 11-38.
- Shahabinejad, N., Mahmoodabadi, M., Jalalian, A., & Chavoshi, E. (2019). In situ field measurement of wind erosion and threshold velocity in relation to soil properties in arid and semiarid environments. *Environmental Earth Sciences*, 78(16), 501.
- Shao, Y. (Ed.). (2008). *Physics and modelling of wind erosion*. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Sirjani, E., Sameni, A., Moosavi, A. A., Mahmoodabadi, M., & Laurent, B. (2019). Portable wind tunnel experiments to study soil erosion by wind and its link to soil properties in the Fars province, Iran. *Geoderma*, 333, 69-80.
- Shepherd, G., Terradellas, E., Baklanov, A., Kang, U., Sprigg, W., Nickovic, S., ... & Joowan, C. (2016). Global assessment of sand and dust storms.
- Tian, M., Gao, J., Zhang, L., Zhang, H., Feng, C., & Jia, X. (2021). Effects of dust emissions from wind erosion of soil on ambient air quality. *Atmospheric Pollution Research*, 12(7), 101108.
- Yang, G., Sun, R., Jing, Y., Xiong, M., Li, J., & Chen, L. (2022). Global assessment of wind erosion based on a spatially distributed RWEQ model. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 46(1), 28-42.
- Zhao, Y., Gao, G., Ding, G., Wang, L., Chen, Y., Zhao, Y., ... & Zhang, Y. (2022). Assessing the influencing factors of soil susceptibility to wind erosion: A wind tunnel experiment with a machine learning and model-agnostic interpretation approach. *Catena*, 215, 106324.

Investigation of the Effects of Soil Physical and Chemical Properties on Wind Erosion in Bushehr Province

Abstract

The results indicate that wind erosion in the study area is a multi-factorial phenomenon influenced by the physical, chemical, and climatic properties of the soil. Soil texture, particularly the proportion of sand, silt, and clay, plays a key role; higher sand content increases erosion, while finer particles enhance soil stability. Chemical factors such as calcium carbonate and salinity also affect soil stability in a texture-dependent manner. Surface coverage by sand and gravel influences erosion depending on spatial distribution and density. Therefore, effective management of wind erosion requires a multi-variable, site-specific approach, including vegetation restoration, soil structure improvement, increasing organic matter, salinity control, and the use of protective surface covers in critical areas. Implementing these measures can reduce wind erosion intensity and provide a scientific basis for sustainable land management and conservation.

Keywords: Wind erosion, Soil texture, Equivalent calcium carbonate (CCE), Soil salinity, Sodium adsorption ratio (SAR), Surface gravel cover, Arid and semi-arid regions