DOI: 10.22059/ijswr.2021.316642.668864 تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۲، شماره ۳، خرداد ۱۴۰۰ (ص ۸۸۵-۸۶۹)

The Effect of Soil Moisture Levels on the Threshold Velocity of Wind Erosion in Dust Centers of South and Southeast of Khuzestan Province-Ahwaz

MARJAN KOOHIZADEH [*1], ALI MOHAMMAD AKHOND-ALI[1], AZIZ ARSHAM[2]
1. Department of Hydrology and Water Resources, Faculty of Water & Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahwaz, Iran,
2. Agriculture and Natural Resources Research and Education Center of Khuzestan, Agricultural Research, Education and Extention Organization (AREEO), Ahwaz, Iran
(Received: Feb. 2, 2021- Revised: Feb. 6, 2021- Accepted: Feb. 8, 2021)

ABSTRACT

One of the most important environmental hazards that is rising drastically in IRAN in the last decade is wind erosion causing the spread of soil particles. The present study aims to evaluate the effect of soil surface moisture on the wind erosion threshold velocity in three supercritical centers of dust, located in the regions of south and southeast of Khuzestan province. For this purpose, 11 soil samples from the selected regions were collected. The soil samples were prepared in terms of moisture contents (air-dry, 4, 7, and 9%). Then they were tested in a wind tunnel based on a completely randomized design. The results of comparing the mean values of wind erosion threshold velocity using Duncan method at a probability level of 5% confirmed that the effect of moisture on the erosion threshold velocity is significant for all samples. In addition, the two parameters of moisture and erosion threshold velocity was strongly correlated in all soil samples, so that with increasing moisture levels, the wind erosion threshold velocity also increased. The findings also confirmed that the amount of increase in velocity is different depending on the levels of moisture, indicating that increasing the moisture content from air-dry to 4% level yielded the largest change in threshold velocity, which could have a substantial effect in controlling the erosion phenomenon in the study regions.

Keywords: Soil Moisture, Threshold velocity, Wind Tunnel, Khuzestan.

اثر سطوح رطوبتی خاک بر سرعت آستانه‌ی فرسایش بادی کانون‌های گرد و غبارجنوب و جنوب‌شرق استان خوزستان-اهواز

مرجان کوهی‌زاده*[۱]، علی‌محمد آخوندعلی[۱]، عزیز ارشم [۲]

۱. گروه هیدرولوژی و منابع آب دانشکده مهندسی آب و محیط زیست دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

۲. مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۴- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۱۱/۱۸- تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۱۱/۲۰)

چکیده

رخداد فرسایش بادی و به تبع آن انتشار گرد و غبار یکی از جدی‌ترین مخاطرات زیست‌محیطی کشور بوده که در دهه‌های اخیر، شدت و گسترش آن به روشنی رو به افزایش است. پژوهش حاضر با هدف ارزیابی میزان اثر رطوبت سطحی خاک بر سرعت آستانه‌ی فرسایش بادی در ۳ کانون فوق بحرانی گرد و غبار، واقع شده در پهنه‌هایی از جنوب و جنوب‌شرقی استان خوزستان انجام شد. برای این منظور ۱۱ نمونه‌ی خاک از گستره‌ی فوق برداشت شده و پس از آماده‌سازی در سطوح رطوبتی هواخشک، ۴، ۷ و ۹ درصد با استفاده از تونل باد و در قالب یک طرح کاملا تصادفی مورد آزمون قرار گرفت. نتایج مقایسه‌ی مقادیر میانگین سرعت آستانه فرسایش بادی با به‌کارگیری روش دانکن و در سطح احتمالاتی ۵ درصد، اثر رطوبت را بر سرعت آستانه‌ی فرسایش برای تمام نمونه‌ها معنی‌دار ارزیابی کرد. از دیگرسو، ارتباط‌سنجی میان دو پارامتر رطوبت و سرعت آستانه فرسایش نشان دهنده‌ی همبستگی این دو پارامتر بود به‌گونه‌ای که در همه‌ی نمونه خاک‌های مورد آزمون، با افزایش سطوح رطوبتی، سرعت آستانه‌ی فرسایش بادی نیز افزایش داشت. یافته‌ها همچنین میزان افزایش سرعت در سطوح مختلف رطوبت را متفاوت ارزیابی کرده و نشان داد که افزایش رطوبت از هواخشک تا ۴ درصد بیشترین تغییرات را در سرعت آستانه ایجاد نموده و می‌تواند در مهار پدیده فرسایش در این پهنه اثر قابل ملاحظه‌ای داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: رطوبت خاک ، سرعت آستانه، تونل باد، خوزستان

مقدمه

فرسایش بادی، فرآیندی است که طی آن ذرات خاک توسط باد وادار به حرکت شده و انتشار، انتقال و فرونشست ذرات خاک، به وسیله‌ی باد انجام می‌شود (Shao., 2008). این رخداد یکی از مهم‌ترین فرآیندهای تخریب اراضی در سرزمین‌های خشک به شمار می‌آید (Lal and Stewart., 1990). عوامل موثر بر رخداد فرسایش بادی متنوع و پیچیده بوده و طیف وسیعی از فاکتورها مانند رطوبت خاک، پوشش گیاهی، بافت خاک، سرعت باد، پستی و بلندی‌های زمین و مدیریت اراضی را در برمی‌گیرد (Zolfaghari and Khosravi., 2015). یکی از مهم‌ترین پارامترهای اثرگذار بر فرسایش، رطوبت خاک است زیرا در یک منطقه‌ی خاص، توپوگرافی، نوع خاک، چگونگی کشاورزی و شرایط پوشش زمین معمولا نسبتا ثابت بوده و در برابر، رطوبت خاک فاکتوری پویاتر و تغییرپذیرتر است و بنابراین از اهمیت بالاتری نیز برخوردار است (Weinan *et al*., 1996). افزون بر این، تغییرات سرعت باد نیز نقش قابل ملاحظه‌ای در فرآیند فرسایش بادی دارد. Zhang *et al*. (2004) طی پژوهشی نشان دادند که با زیادتر شدن سرعت باد شدت فرسایش بادی نیز افزایش خواهد یافت.

باد فقط ذرات خشک خاک را به آسانی انتقال داده و ذرات و دانه‌های مرطوب خاک در اثر نیروی هم‌دوستی ناشی از پوسته‌ی آب، بین ذرات، تقریبا پایدار بوده و انتقال نمی‌یابند. در طبیعت، سرعت باد معمولا در حدی نیست که بتواند بر نیروی هم‌دوستی بین ذرات چیره شود، بنابراین باد توانایی جداسازی و انتقال ذرات خاکی که به سطح مناسبی از رطوبت رسیده را ندارد (Baybordi., 2000). ارتباط پارامتر رطوبت سطحی خاک و سرعت آستانه‌ی فرسایش بادی در پژوهش Ju *et al*. (2018) با به‌کارگیری داده‌های مشاهده‌ای سرعت باد و رطوبت خاک در پهنه‌ی مغولستان چین نیز مورد تایید قرار گرفت. فرسایش بادی زمانی رخ می‌دهد که سرعت باد به حد آستانه ی خود برسد و این حد آستانه به شماری از پارامترها مانند رطوبت خاک وابسته است Ravi *et al*,. (2006). به بیان دیگر، زمانی که مقدار سرعت باد به عددی بالاتر از حد آستانه‌ی خود برسد، فرسایش بادی رخ داده و در این حالت،

* نویسنده مسئول: aliakh@scu.ac.ir

نیروی باد بر مقاومت خاکدانه‌ها در برابر جدا شدن از سطح، غلبه کرده و ذرات خاک برخاسته و منتشر می‌شوند (Yang et al., 2020).

استفاده از تونل باد در پژوهش‌های ارتباط‌سنجی این دو فاکتور بسیار متداول است. Meng *et al.* (2018) با به‌کارگیری یک تونل باد سیار و استفاده از مدل فرسایش بادی اثر سطوح مختلف رطوبت خاک و سرعت باد را بر رخداد فرسایش بادی مورد سنجش قرار دادند و نتایج به‌گونه‌ی معنی‌داری کاهش فرسایش بادی را با افزایش سطح رطوبت خاک نشان داد. تونل باد امکان بررسی فرآیند حرکت ذرات خاک در شروع فرسایش و همچنین شبیه‌سازی سرعت‌های مختلف باد که در طبیعت قابل کنترل نیستند را با دقت قابل قبولی فراهم می‌کند (Mahmoodabadi and Zamani, 2012). به‌طور مثال Mirhasani et al. (2019) با انجام آزمایش تونل باد نشان دادند که بیشترین سرعت‌های اصطکاکی آستانه در میان نمونه خاک‌های آزمایش شده در پژوهش، به ترتیب متعلق به جنگل طبیعی، زمین کشاورزی، مرتع، جنگل کاشته شده و تپه‌ی شنی بوده و همچنین پارامترهای بافت، رطوبت و ماده‌ی آلی خاک، اثر زیادی بر مقاومت خاک در برابر فرسایش ایفا می‌کنند.

اقلیم خشک و نیمه خشک، دمای بالا، تبخیر و تعرق زیاد و پهنه‌های وسیع بیابانی، برخی از پهنه‌های ایران را در معرض طوفان‌های گردوغبار قرار داده است. این طوفان‌ها طی سال‌های ۱۹۶۵ تا ۲۰۱۵، (۵۰ سال)، از نظر شدت و فراوانی وقوع، افزایش قابل ملاحظه‌ای داشته‌اند، به‌گونه‌ای که تواتر رخداد طوفان‌های گرد و غبار در کشور ایران طی سال‌های ۲۰۱۴، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶، نسبت به سال‌های قبل از آن، ۱۰ برابر شده (Shoaee., 2016) و مشکلات زیست‌محیطی فراوانی را برای مردم پهنه‌هایی از کشور ایجاد کرده است. بر اساس گزارش اداره کل زمین شناسی و اکتشافات معدنی منطقه جنوب باختری در سال ۱۳۹۴، هفت کانون فعال گرد و غبار در استان خوزستان شناسایی شده که از میان آن‌ها کانون جنوب شرق اهواز با مساحت تقریبی ۱۱۲ هزار هکتار، به عنوان بزرگ‌ترین کانونِ فوق بحرانیِ گرد و غبار در استان خوزستان معرفی شده است (Heidarian *et al.*, 2015). پژوهش Norouzi et al. (2018) نشان داد که طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ مساحت کاربری‌های سطوح مرطوب با پوشش گیاهی، سطوح آبی و پوشش گیاهی در پهنه‌ی جنوب و جنوب-شرق اهواز به ترتیب ۹۴، ۴۹/۳ و ۴۶/۷ درصد کاهش یافته است. مراتع تخریب شده، زمین‌های کشاورزی دیم رها شده، زمین‌های بدون پوشش، تالاب‌های خشک شده و زمین‌های کشاورزی آبی، مساحت قابل‌ملاحظه‌ای از اراضی کانون‌های گرد و غبار خوزستان را فرا گرفته است (Heidarian *et al.*, 2016). عوامل متعددی باعث خشکی تالاب‌های منطقه شده‌اند. سیلاب‌های فصلی در گذشته، با شستشوی خاک باعث کاهش نمک و املاح در پهنه‌ی جنوب‌شرق اهواز می‌شدند(Dargahian *et al.*, 2018). ولی روند کاهش بارش و تداوم خشکسالی به همراه عواملی چون توسعه‌ی کشاورزی در بالادست، توسعه‌ی عمرانی، برداشت بیش از حد مجاز آب، تغییر اقلیم و افزایش دمای کره‌ی زمین، احداث بندهای خاکی و افزایش بیش از حد دام در منطقه، از جاری شدن سیلاب-های فصلی جلوگیری کرده و زمینه‌ساز خشکیدن سطح تالاب‌ها و شوری خاک شده است. از این رو، شناخت عوامل اثرگذار بر حرکت خاک و مدیریت گرد و غبار در این منطقه از اهمیت ویژه-ای برخوردار است.

چگونگی اثرگذاری دو پارامتر مهمِ سطح رطوبتی خاک و سرعت آستانه باد، در مهار رخداد فرسایش بادی توسط پژوهشگران زیادی در پهنه‌های گسترده‌ای از دنیا مورد آزمون قرار گرفته است. از آنجا که استان خوزستان به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین کانون‌های مولد گرد و غبار در کشور با داشتن ۷ کانون فعال و فوق بحرانی، با معضل جدی پیامدهای فرسایش بادی روبرو است، کمبود و نیاز به داشتن اطلاعاتی از حد آستانه‌ی سرعت فرسایش بادی در سطوح رطوبتی مختلف در گستره‌ی جنوب و جنوب‌شرق این استان احساس می‌شود. کانون‌های گرد و غبار یکی از منابع عمده‌ی تولید گرد و غبار در این منطقه به‌شمار می‌روند. پژوهشگران زیادی تاکنون جنبه‌های همدیدی و آماری تولید غبار در این پهنه را مورد مطالعه قرار داده‌اند ولی با توجه به وسعت و حجم گرد و غبار تولیدی در منطقه، نیاز به کار مطالعاتی و پژوهشی، برای دستیابی به راهکارهای اجرایی در مدیریت فرسایش این کانون‌ها احساس می‌شود. در پژوهش حاضر نقش سطوح مختلف رطوبتی بر میزان سرعت آستانه‌ی فرسایش بادی در ۱۱ نمونه خاک برداشت شده از نقاط بحرانی و در معرض فرسایش ۳ کانون فعال گرد و غبار استان خوزستان مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

شناسایی منطقه مورد مطالعه

محدوده‌ی مطالعاتی این پژوهش، ۳ کانون فعال گرد و غبارِ شماره‌ی ۴ و ۵ و ۷ با مساحت تقریبی ۲۲۰ هزار هکتار در پهنه‌ی جنوب و جنوب‌شرق استان خوزستان است (شکل ۱). طبقات اقلیمیِ بخش عمده‌ای از اراضی مستعد برای تولید غبار در سطح این کانون‌ها بر اساس طبقه‌بندی دومارتن اصلاح شده، خشک و فراخشک بوده و شیب زمین در این گستره کمتر از ۵ درصد است.

رودخانه‌های جراحی، زهره، کوپال و نهر مالح از جمله رودخانه-های مهم و فعال در این محدوده هستند که رسوب‌گذاری آن‌ها در بخش‌هایی از سطح کانون‌ها زمینه‌ساز ایجاد دشت‌های رسوبی رودخانه‌ای شده است. در گذشته شغل بسیاری از مردم ساکن در این گستره کشاورزی به شیوه‌ی دیم و دامپروری بوده که امروزه بنا به دلایل متعدد از جمله محدودیت بارندگی، بسیاری از اراضی دیم، رها شده و برخی از روستاها خالی از سکنه است. متوسط بارندگی در این پهنه حدود ۲۰۰ میلی‌متر در سال تخمین زده شده ولی از آن‌جا که پراکندگی زمانی بارش یکنواخت نیست، در اکثر ماه‌های سال خشکی بر منطقه حکمفرماست.

در گزارش ارائه شده توسط موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، کانون‌های ۴ ، ۵ و ۷، از نظر حساسیت به فرسایش بادی نسبت به بقیه‌ی کانون‌ها در الویت عملیات مدیریتی و اجرایی تشخیص داده شده بودند. بر اساس این گزارش، کانون شماره‌ی ۴، در منطقه‌ی جنوب‌شرق اهواز به‌علت حساسیت زیاد نسبت به فرسایش، در الویت اول و کانون‌های شماره‌ی ۵، در محدوده‌ی ماهشهر-امیدیه و کانون شماره‌ی ۷، در محدوده‌ی شرق هندیجان در اولویت‌های بعدی قرار گرفته بودند (Binam., 2017).

پس از بررسی الویت‌های عملیاتیِ مناطق حساس‌تر به فرسایش در کانون‌های مذکور و انجام بازدیدهای میدانی متعدد در نهایت ۱۱ نقطه در سه کانون فوق بحرانی گرد و غبار شماره‌ی ۴ ، ۵ و ۷ شناسایی گردیده و نمونه‌برداری انجام شد. این ۱۱ نقطه، عرصه‌هایی بودند که بر اساس مطالعات انجام گرفته از نظر شدت فرسایش بادی در شرایط بحرانی‌تری قرار داشتند. نمونه‌ها از عمق صفر تا بیست سانتی‌متری خاک برداشت شدند. دقت شد که نمونه‌ها از محلی برداشت شوند که معرف بهتری برای گستره-ی تحت اثر فرسایش باشند. لازم به تذکر است که نمونه‌برداری در فصل تابستان و در ماه‌های تیر و مرداد انجام پذیرفت. نام و موقعیت جغرافیایی هر نمونه در شکل (۱) مشخص گردیده است. لازم به یادآوری می‌باشد که هر نمونه پس از برداشت، برچسب خورده و مشخصات آن شاملِ نام، تاریخ برداشت، محل نمونه-برداری، تکرار و ... بر روی برچسب درج گردید.

لازم به ذکر است که نمونه‌های A، B، C، D، E و F از کانون شماره‌ی ۴ واقع در گستره‌ی جنوب‌شرق اهواز برداشت شدند. به همین ترتیب، نمونه‌های J، H، I و K از کانون شماره‌ی ۵ واقع در در پهنه‌ی ماهشهر-امیدیه و نمونه‌ی G از کانون شماره‌ی ۷ واقع در محدوده‌ی شرق هندیجان برداشت گردیدند.

تعیین برخی خصوصیات نمونه‌های خاک و انتخاب سطوح رطوبتی

در گام بعدی نمونه‌های خاک به آزمایشگاه منتقل شده و پس از آماده‌سازی، برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن‌ها تعیین گردید. از خصوصیات فیزیکی، بافت خاک به روش هیدرومتری و جرم مخصوص ظاهری به روش سیلندر و از خصوصیات شیمیایی، هدایت الکتریکی (EC) در عصاره اشباع با EC سنج، (PH) با دستگاه PH سنج، کربنات کلسیم ($CACO_3$) به روش تیتراسیون اندازه‌گیری و نسبت جذب سدیم (SAR) محاسبه شده است.

از آنجا که انجام پژوهش حاضر، جهتِ تعیین سرعت آستانه‌ی فرسایش بادی در سطوح رطوبتی مختلف بوده است، چهار سطح رطوبتی هواخشک، ۴ درصد، ۷ درصد و ۹ درصد حجمی انتخاب گردید. انتخاب سطوح رطوبتی بر اساس آزمایشات اولیه‌ی نمونه‌های خاک در تونل باد انجام گرفت. چگونگی رساندن رطوبت نمونه‌ی خاک به هریک از سطوح رطوبتی مورد نظر در ۴ مرحله صورت گرفت. در ابتدا، میزان رطوبت نمونه‌های هواخشک شده با استفاده از روش آون اندازه‌گیری گردیده و بلافاصله در تونل باد قرار داده می‌شدند. سپس مقدار کمبود آب برای رسیدن به رطوبت مورد نظر، محاسبه شده و به روش اسپری و به آرامی به کل حجم نمونه‌ی خاک به‌صورت یکنواخت اضافه می‌گردید. لازم به ذکر است که برای کنترل و اطمینان از دستیابی به سطح رطوبتی مورد نظر، پس از رطوبت‌رسانی و قبل از قرار دادن نمونه‌ها در تونل باد دوباره بخشی از نمونه خاک توسط آون رطوبت‌سنجی می‌شد.

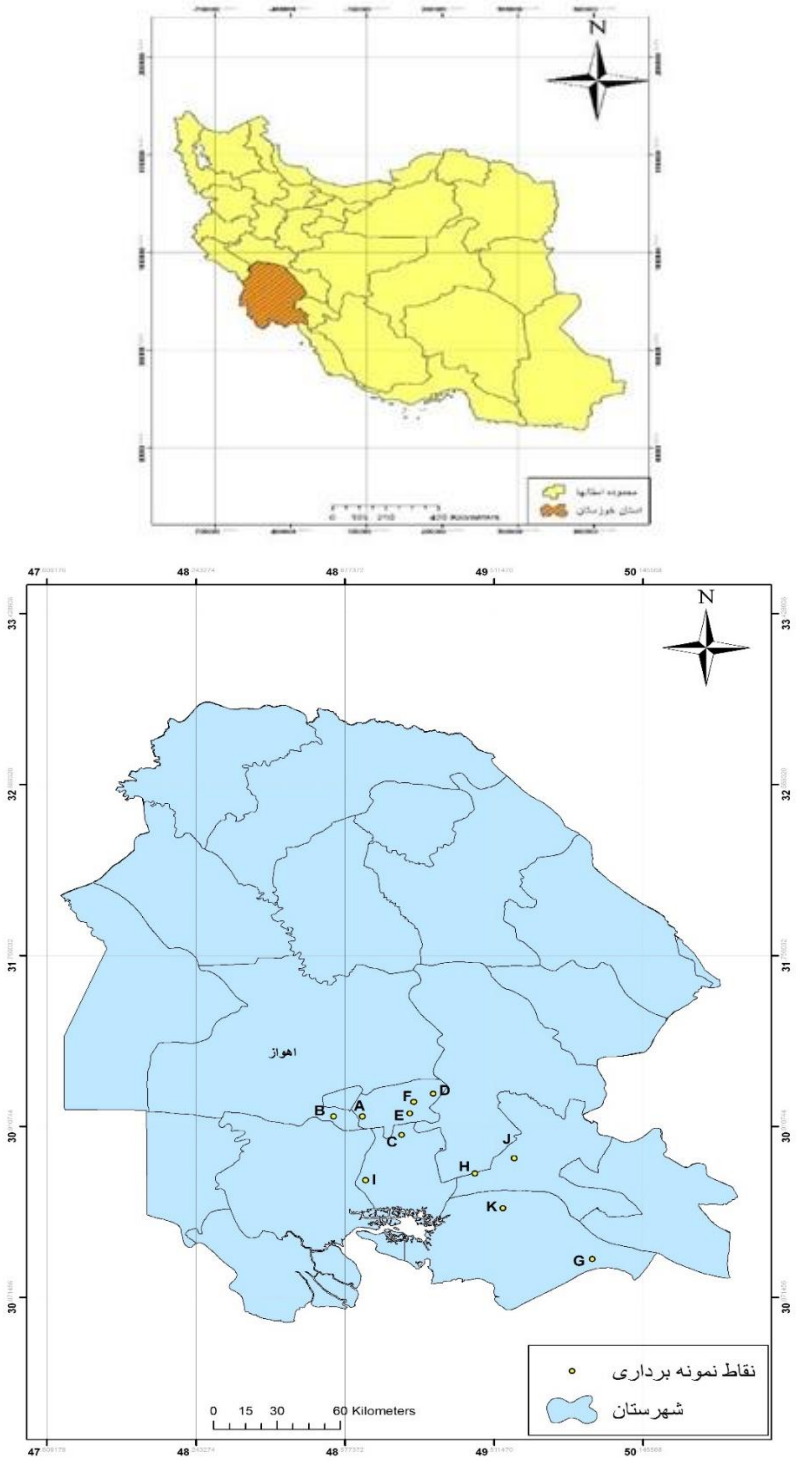
به‌کارگیری تونل باد

برای بررسی اثر سطوح متفاوت رطوبت بر مقدار آستانه‌ی سرعت فرسایش بادی در نمونه‌های برداشت شده‌ی خاک، دستگاه تونل باد به‌کار گرفته شد. تونل باد موجود در آزمایشگاه تحقیقاتی گرد و غبار گروه خاکشناسی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز از نوع ثابت به طول حدودا ۱۰متر بوده و قادر است جریان‌های هوا را تا سرعت ۲۰ متر بر ثانیه در ارتفاع ۱۰ سانتی-متری از سطح خاک ایجاد کند (شکل ۲).

جهت انجام آزمایش، در ابتدا هر نمونه‌ی خاک، به مدت ۴۸ ساعت در دمای معمولی اتاق قرار داده شده و به اصطلاح هواخشک گردید، سپس، نمونه‌ها در سینی‌هایی به ابعاد (۵ × ۳۰ ×۵۰) سانتی‌متر، قرار داده شده و پس از آماده‌سازی، در بخش آزمون دستگاه[1] گذاشته شد. یک دستگاه غبار سنج لیزری در فاصله‌ی ۳۰ سانتی‌متری از سینی قرار داده شد. به محض

1 test section

برخاست اولین ذرات غبار روی صفحه نمایشگر دستگاه غبارسنج، سیگنال فرستاده شده و به این ترتیب امکان ثبت سرعت باد فراهم گردید. حداقل سرعتی که تحت آن، اولین ذرات از سطح خاک جدا شده و شروع به حرکت کردند، سرعت آستانه‌ی فرسایش بادی در نظر گرفته شد. برای هر یک از نمونه‌های برداشت شده‌ی خاک در سطوح رطوبتی یاد شده، سرعت آستانه‌ی فرسایش در سه تکرار، اندازه‌گیری و ثبت گردید. هدف از تکرار دفعات آزمایش برای هر نمونه‌ی خاک، کاهش خطاهای آزمایشی و افزایش دقت اندازه‌گیری بوده است. با توجه به امکانات، زمان، اعتبار و تجهیزات در اختیار، در مجموع ۱۳۲ آزمایش شامل۱۱ نمونه‌ی خاک، ۴ سطح رطوبتی و ۳ تکرار (۳ × ۴ × ۱۱)، توسط تونل باد انجام گرفت.



شکل ۱- نقشه گستره مطالعاتی کانون‌های گرد و غبار در استان خوزستان و پراکنش جغرافیایی نمونه‌های خاک برداشته شده در پهنه

شکل ۲- تونل باد ثابت آزمایشگاه تحقیقات گرد و غبار دانشگاه شهید چمران اهواز

تجزیه و تحلیل داده‌های اندازه‌گیری‌شده

برای هر نمونه‌ی خاک، داده‌های اندازه‌گیری شده در قالب یک طرح کاملا تصادفی چیدمان شدند. سپس با کاربرد نرم‌افزار SAS 9.1، آزمون تجزیه واریانس در سطح ۱ درصد انجام گرفت و میانگین‌ها با به‌کارگیری روش دانکن در سطح احتمالاتی ۵ درصد مقایسه شدند. همچنین برای درک چگونگی ارتباط بین متغیرها از مدل رگرسیون استفاده شده و در گام بعدی، جهت تعیین شدت این ارتباط، ضریب همبستگی بین متغیرها مشخص گردید. پس از آن درصد نسبی تغییرات میانگین سرعت آستانه فرسایش در رطوبت‌های ۴، ۷ و ۹ درصد نسبت به سطح رطوبتی قبلیِ نمونه، محاسبه شد. از این شاخص جهت بررسی چگونگی تغییرات میانگین سرعت آستانه و مقایسه آن‌ها در سطوح مختلف رطوبت استفاده گردید.

جمع آوری و تحلیل داده‌های پارامتر سرعت باد:

داده‌های ساعتیِ سرعت باد، در ۳ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک اهواز، ماهشهر و هندیجان برای دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ میلادی، از اداره‌ی کل هواشناسی استان خوزستان اخذ گردید. پایه‌ی گزینش ایستگاه‌ها، نزدیکی به کانون‌های گرد و غبار ۴ ، ۵ و ۷ بود. سپس مقدار کمینه‌ی میانگینِ سرعت‌های آستانه، که توسط تونل باد، سنجش شده بودند محاسبه شده و مشخص گردید. در گام بعدی تعداد روزهایی که طی آن، سرعت‌های بزرگ‌تر از این سرعت کمینه در ایستگاه رخ داده بود، محاسبه شد. این شاخص، می‌تواند به داشتن تصویری بهتر از وضعیت سرعت و شدت فرسایندگی بادهای وزان در منطقه کمک کند.

نتایج و بحث

جدول (۱ و ۲)، برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهند. در ۱۱ نمونه‌ی خاک مورد آزمون، ۵ بافت متفاوتِ لومی، لوم رسی، لوم سیلتی، لوم رسی سیلتی و رس سیلتی شناسایی شد. میزان اسیدیته و مقادیر بالای هدایت الکتریکی و کربنات کلسیم در نمونه‌های سنجش شده، نشان‌دهنده‌ی مشکل شدید شوری در خاک‌های پهنه‌ی مطالعاتی می‌باشد. با توجه به میزان PH و در نظر گرفتن مقادیر SAR و EC درج شده در جدول (۱)، نمونه خاک‌های B، E و I، شور و ۸ نمونه خاک دیگر، شور- سدیمی گردیدند. خصوصیات شیمیایی خاک‌ها در گستره و بالا بودن سطح آب زیرزمینی لب-شور، در هشت ماه خشک سال در کنار عوامل دیگر، باعث می‌شود بخش‌های زیادی از اراضی کانون‌ها در خطر شوری و شور- قلیایی شدن قرار بگیرند. در اثر خیز مویینگی و تبخیر سطحی، املاح در سطح خاک باقی مانده و شوری‌زایی ثانویه رخ می‌دهد. این شوری‌زایی حاصل عدم آبشویی افق سطحی خاک‌هاست که در گذشته به وسیله‌ی بارندگی‌ها و سیلاب‌ها صورت می‌گرفت. دلایل متعددی چون بروز خشکسالی و کاهش بارندگی، از علل مهم این شوری پیش‌رونده محسوب شده و بنابراین یکی از دلایل عمده‌ی تشدید پدیده‌ی گرد و غبار در این پهنه به شمار می‌روند (Binam., 2017).

نتایج تجزیه واریانس نمونه خاک‌های برداشت شده از ۱۱ منطقه‌ی مورد مطالعه، در جدول (۳) نشان داده شده است. ارزیابی‌های انجام شده نشانگر اثر معنی‌دار سطوح مختلف رطوبت در تمام نمونه‌های خاک مورد سنجش، بر فاکتور سرعت آستانه‌ی فرسایش بادی، در سطح احتمالاتی یک درصد است، به بیان دیگر مقدار فاکتور سرعت آستانه‌ی فرسایش بادی خاک، وابسته به میزان رطوبتی‌ست که به سطح خاک داده می‌شود.

نمونه‌های A، B، C، D، E و F، از گستره‌های خشک و حساس به فرسایش کانون فوق بحرانی جنوب‌شرق اهواز (کانون شماره‌ی ۴)، برداشت شده‌اند. اقلیم این گستره ، بر اساس روش دومارتن اصلاح شده، خشک و فراخشک گرم بوده و بر اساس گزارش اداره‌ی هواشناسی، دمای بیشینه‌ی آن تا ۵۲ درجه‌ی سانتی‌گراد نیز ثبت شده است. با خشک شدن هورهای شریفیه، منصوریه و نهر مالح در کانون شماره‌ی ۴ طی سال‌های اخیر، این پهنه به یکی از حساس‌ترین کانون‌های مولد گرد و غبار در خوزستان تبدیل شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های شیمیایی نمونه‌های خاک برداشت شده

ردیف	نام نمونه خاک	نسبت جذب سدیم (SAR)،$(mmol\ L^{-1})^{0.5}$	(PH)	هدایت الکتریکی(EC)، ($ds\ M^{-1}$)	کربنات کلسیم(CACO3)%
۱	A	۸۲/۲	۳/۸	۴۶/۶	۲۹/۱
۲	B	۷/۳	۸/۲	۵۷/۸	۵۶/۲
۳	C	۷۲/۸	۸/۴	۶۳/۸	۶۰/۷
۴	D	۲۱/۴	۸	۱۹/۲	۷۳/۶
۵	E	۵/۳	۸/۲	۶۳/۵	۲۵/۳
۶	F	۱۴۷/۶	۷/۹	۶۲/۳	۶۸/۹
۷	G	۲۲/۸	۷/۴	۱۷/۷	۳۶/۶
۸	H	۲۰۷/۱	۷/۸	۸۱/۳	۴۰/۷
۹	I	۹/۳	۸/۱	۱۸/۶	۶۴/۶
۱۰	J	۱۹۱/۸	۸	۶۳/۱	۴۵/۱
۱۱	K	۱۳۷/۱	۷/۹	۴۳/۸	۴۹/۹

جدول ۲- بافت خاک و درصد ذرات تشکیل دهنده‌ی نمونه‌های برداشت شده

نام نمونه	بافت	درصد سیلت	درصد رس	درصد شن
A	لوم (loam)	۴۸/۵	۲۰/۹	۳۰/۶
B	لوم لایی(silty loam)	۵۹/۷	۲۱/۳	۱۹
C	لوم رسی لایی(silty clay loam)	۵۱/۸	۳۶/۱	۱۲/۱
D	لومی (loam)	۴۷/۴	۲/۱۷	۳۵/۴
E	لوم رسی (clay loam)	۴۰/۴	۳۸/۴	۲۱/۲
F	لوم رسی (clay loam)	۳۹/۵	۳۷/۸	۲۲/۷
G	رس لایی (silty clay)	۴۰/۳	۴۶/۹	۱۲/۸
H	لوم لایی (silty loam)	۶۵/۸	۱۹/۸	۱۴/۴
I	لوم رسی (clay loam)	۳۳	۳۹/۶	۲۷/۴
J	لوم لایی (silty loam)	۶۹/۸	۱۸/۴	۱۱/۸
K	رس لایی (silty clay)	۴۴	۴۰/۳	۱۵/۷

جدول ۳- نتایج آزمون تجزیه واریانس اثر رطوبت بر سرعت آستانه‌ی فرسایش برای نمونه خاک‌های برداشتی

نام نمونه	منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	ضریب تغییرات (CV)	نام نمونه	منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	ضریب تغییرات (CV)
A	رطوبت خاک	۳	۷/۰۰۹	۰/۸۲	G	رطوبت خاک	۳	۲۴/۶۶	۱/۴۷
	خطا	۸	۰/۰۰۸			خطا	۸	۰/۰۳	
B	رطوبت خاک	۳	۶/۸۱	۳/۴۶	H	رطوبت خاک	۳	۴/۱۱	۲/۳۴
	خطا	۸	۰/۱۰			خطا	۸	۰/۰۵	
C	رطوبت خاک	۳	۲۳/۵۴	۲/۹۹	I	رطوبت خاک	۳	۲۲/۸۸	۱/۷۲
	خطا	۸	۰/۱۳			خطا	۸	۰/۰۳	
D	رطوبت خاک	۳	۸/۰۹	۳/۱۱	J	رطوبت خاک	۳	۷/۳۰	۲/۱۸
	خطا	۸	۰/۱۸			خطا	۸	۰/۰۶	
E	رطوبت خاک	۳	۲۶/۸۷	۱/۸۸	K	رطوبت خاک	۳	۲۸/۷۸	۲/۰۲
	خطا	۸	۰/۰۵			خطا	۸	۰/۰۵	
F	رطوبت خاک	۳	۲۵/۸۳	۲/۹۱					
	خطا	۸	۰/۱۴						

نمونه خاک‌های A و B و C از بخش‌های حساس‌تر به فرسایشِ اراضی پست وشور هور منصوریه که در انتهای دشت سیلابی کوپال واقع در کانون جنوب‌شرق اهواز (شماره ۴)، قرار گرفته، برداشت شده‌اند. نتیجه‌ی مقایسه‌ی میانگین‌ها با به‌کارگیری آزمون چند دامنه‌ای دانکن (در سطح معنی‌داری ۵ درصد) برای نمونه خاک‌های A، B و C به ترتیب در در شکل‌های

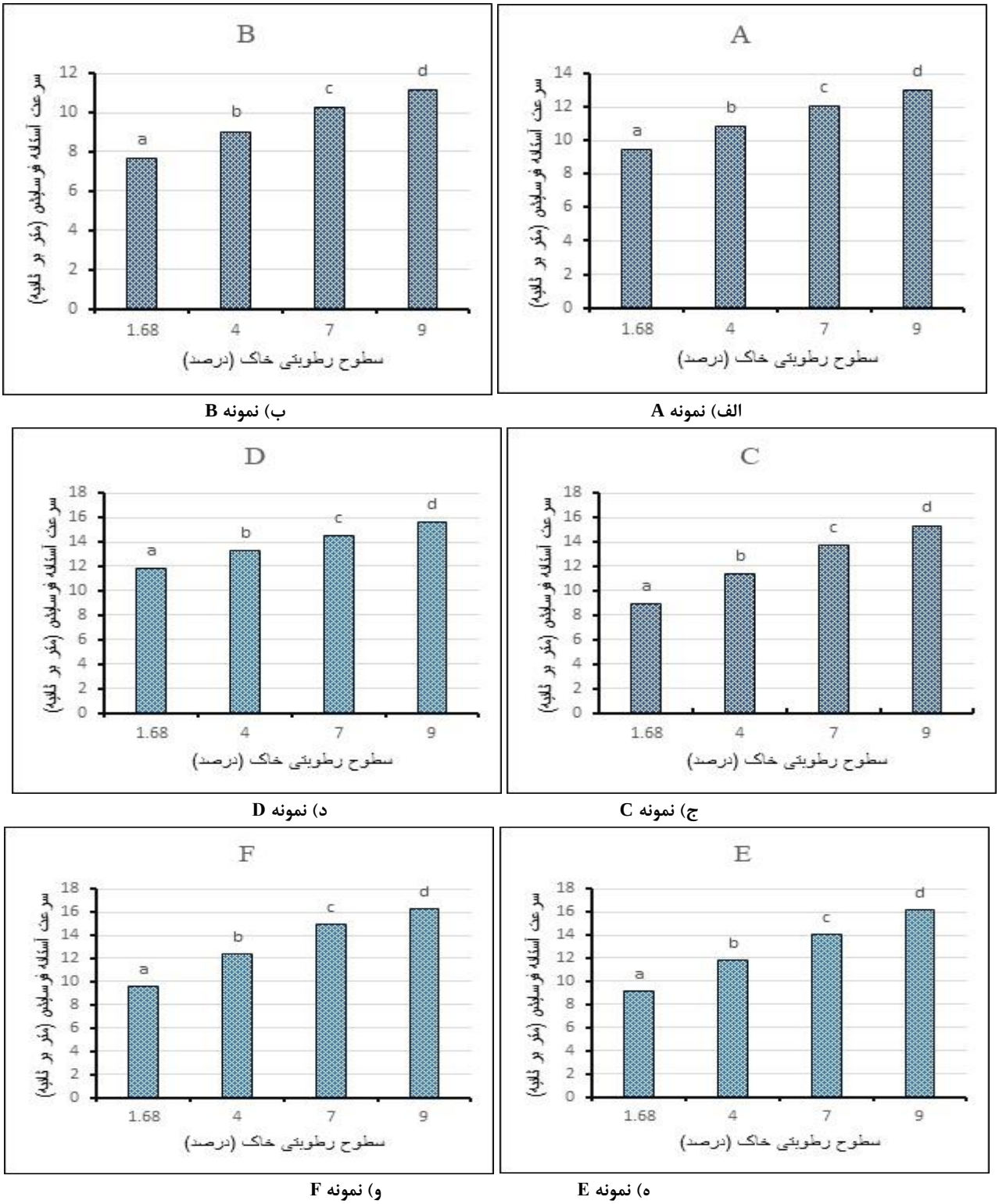
(۳-الف ، ۳-ب و ۳- ج)، نشان داده شده است. بر اساس گروه‌بندی صورت گرفته در خروجی آزمون دانکن، بین هر ۴ تیمار هواخشک، ۴، ۷ و ۹ درصد که با گروه‌های مجزای a، b، c و d، در شکل مشخص شده‌اند، اختلاف معنی‌دار وجود دارد. به بیان دیگر در هر سه نمونه‌ی خاکِ ذکر شده، با بالا رفتن سطح رطوبت خاک، سرعت آستانه‌ی فرسایش بادی به‌گونه‌ی معنی‌داری افزایش یافته است. برای نمونه‌ی خاک A، در سطح رطوبتی هواخشک، میانگین سرعت آستانه‌ی فرسایش بادی، ۹/۴۷ متر بر ثانیه برآورد شده است. با افزایش میزان رطوبت به سطوح ۴، ۷ و ۹ درصد، میانگین سرعت آستانه به ترتیب تا ۱۰/۸۶، ۱۲/۰۳ و ۱۳ متر بر ثانیه افزایش داشته که نشان از اثرگذاری پارامتر رطوبت سطحی خاک A، بر مقدار آستانه‌ی سرعت فرسایش است. افزایش سرعت آستانه فرسایش بادی با افزایش رطوبت در یک گستره مبین این نکته است که نسبت به سطح رطوبتی پیشین، وزش باد می‌بایست با سرعت بیشتری رخ دهد تا مقاومت خاک کاهش یافته و ذرات آن جابجا شوند و همین امر خطر رخداد فرسایش بادی را تا اندازه زیادی کم می‌کند. در دو نمونه خاک B و C، میانگین سرعت آستانه‌ی فرسایش، در سطح رطوبتی هواخشک به ترتیب ۷/۶۸ و ۸/۹ متر بر ثانیه اندازه‌گیری شدند، در نمونه‌ی B با افزایش سطح رطوبتی از هواخشک به سطوح ۴، ۷ و ۹ درصد، میانگین سرعت آستانه به ترتیب تا ۹/۰۳، ۱۰/۲۷ و ۱۱/۱۴ متر بر ثانیه بالا رفت. در روندی مشابه برای نمونه‌ی C، اثر معنی‌دار سطوح رطوبتی انتخابی بر سرعت آستانه، مقدار این فاکتور را تا ۱۵/۳۳ متر بر ثانیه افزایش داد.

برداشت نمونه خاک D، از گستره‌ی آبرفت بادبزنی شکلِ غیزانیه صورت گرفته است. اراضی فرسایش‌پذیر غیزانیه با کاربری بایر و رها شده، در بخش‌های شرقی کانون فوق بحرانی جنوب-شرق اهواز (کانون شماره‌ی ۴)، واقع شده‌اند. شکل (۳-د)، میزان اثرپذیری میانگین آستانه‌ی سرعت فرسایش در نمونه‌ی D را برای سطوح رطوبتی موردارزیابی، با آزمون دانکن (۵ درصد)، نشان می‌دهد. گروه‌بندیِ صورت گرفته در خروجیِ آزمون دانکن، در این شکل نشان داده شده و اختلافی معنی‌دار را میان هر ۴ تیمار رطوبتی نشان می‌دهد. میانگین سرعت آستانه در سطح رطوبتی هواخشک برای خاک D، ۱۱/۸ متر بر ثانیه برآورد گردید، با افزایش سطوح رطوبتی تا ۹ درصد، میانگین سرعت آستانه تا ۱۵/۶ متر بر ثانیه افزایش یافت. آزمون دانکنِ این نمونه خاک، در سطح ۵ درصد، معنی‌دار ارزیابی شد که نشان دهنده‌ی استمرار روند مثبت اثرپذیریِ سرعت آستانه، از رطوبت‌های مختلف تعیین شده در پهنه‌ی مطالعاتی جنوب‌شرق اهواز است.

هر دو نمونه خاک E و F از دشت رسوبی رود جراحی واقع در بخش‌هایی از جنوب‌شرقی کانون جنوب‌شرق اهواز (کانون شماره ۴) برداشت شده‌اند. کاربری رایج اراضی دشت رسوبی جراحی، در گذشته دیم و مرتع و امروزه بایر و دربعضی موارد، کشاورزیِ رها شده است. اراضی این گستره، حساس به فرسایش بادی، ارزیابی شده و یکی از منابع تولید گرد و غبار در گستره‌ی کانون جنوب‌شرق اهواز به‌شمار می‌آیند. پیوند میان سطوح رطوبتی خاک و سرعت آستانه فرسایش بادی برای نمونه خاک-های E و F به ترتیب در شکل‌های ۳(-ه و ۳-و) نشان داده شده است. گروه‌های a، b، cو d، مشخص شده در شکل، اختلاف معنی-دار، میان هر ۴ تیمار سطح رطوبتی را برای نمونه‌های E و F نشان می‌دهد. برای نمونه‌ی خاک E، در سطح رطوبتی هواخشک، میانگین سرعت آستانه‌ی فرسایش بادی، ۹/۱۹ متر بر ثانیه و برای نمونه‌ی F در همین سطح رطوبتی، میانگین سرعت آستانه، ۹/۶ متر بر ثانیه برآورد گردید. نمونه‌های نتایج آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمالاتی ۵ درصد نشان داد که برای هر دو نمونه، افزایش سطح رطوبتی، اثر معنی‌داری بر پارامتر سرعت آستانه‌ی فرسایش بادی دارد. روند افزایش سرعت آستانه با افزایش سطح رطوبت در هر دو نمونه‌ی خاک E و F تقریبا مشابه ارزیابی گردید. افزایش سطح رطوبت تا ۹ درصد، مقدار آستانه‌ی سرعت فرسایش را در نمونه خاک E، تا ۱۶/۱۶ متر بر ثانیه و در نمونه خاک F ، تا ۱۶/۲۵ متر بر ثانیه افزایش داد. با توجه به این‌که برخی از ویژگی‌های گستره‌ی جغرافیایی منطقه‌ی برداشت و همچنین مواردی از خصوصیات خاکشناسی دو نمونه مانند بافت و شوری، تا حدودی نزدیک به هم سنجش شد. تشابه نمودار دو نمونه تا حد زیادی قابل توجیه است.

مقایسه‌ی میان برآوردهای میانگین سرعت آستانه‌ی فرسایش در نمونه‌های برداشتی از کانون جنوب‌شرق (کانون شماره‌ی ۴)، نشان‌دهنده‌ی آن است که نمونه خاک C نسبت به A از دیدگاه فرسایش پذیری بادی وضعیت بحرانی‌تری دارد. از سوی دیگر نمونه‌ی B در مقایسه با نمونه‌های A و C، نیز حساس‌تر به فرسایش تخمین زده شده و به نظر می‌رسد که این پهنه نسبت به دو گستره‌ی دیگر، در الویت تثبیت قرار دارد. همچنین به نظر می‌رسد که هر سه نمونه‌ی A، B و C برداشتی از اراضی هور منصوریه، از دید فرسایش بادی، شرایط بحرانی‌تری را در مقایسه با نمونه خاک D، تجربه می‌کنند. فرسایش‌پذیری هر دو نمونه‌ی E و F، برداشتی از دشت رسوبی رود جراحی، نسبت به نمونه خاک‌های D، برداشتی از پهنه‌ی غیزانیه و A برداشتی از گستره‌ی جنوبی هور منصوریه در وضعیت بحرانی‌تری ارزیابی گردیده و یافته‌ها نشان‌دهنده‌ی آن است که میزان حساسیت دو نمونه خاک E و F، در پهنه‌ی مطالعاتی، نسبت به نمونه‌های دیگر از یکنواختی

بیشتری برخوردار است. به‌طور کلی در سطح رطوبتی هواخشک، نمونه‌های B و D به ترتیب، کمترین و بیشترین میانگین سرعت آستانه فرسایش را در بین نمونه‌های برداشتی کانون شماره‌ی ۴، داشته‌اند.



الف) نمونه A

ب) نمونه B

ج) نمونه C

د) نمونه D

ه) نمونه E

و) نمونه F

شکل ۳-مقایسه‌ی میانگین سرعت‌های آستانه فرسایش در سطوح رطوبتی تعیین‌شده، برای نمونه خاک‌های A (الف)، B (ب)، C (ج)، D (د)، E (ه)، F (و)

نمونه‌های H، I، J و K، از اراضی حساس و فرسایش‌پذیر کانون گرد و غبار شماره‌ی ۵، واقع در پهنه‌ی ماهشهر – امیدیه برداشت شده‌اند. اراضی پست و شور و حساس به فرسایش هورهای شاه‌حمزه (شرایع) ماهشهر و بخشی از هور شادگان که در اثر عواملی چون خشکسالی و کاهش رطوبت سطحی در منطقه دچار خشکی شده‌اند، از مهم‌ترین تولید کنندگان گرد و غبار در

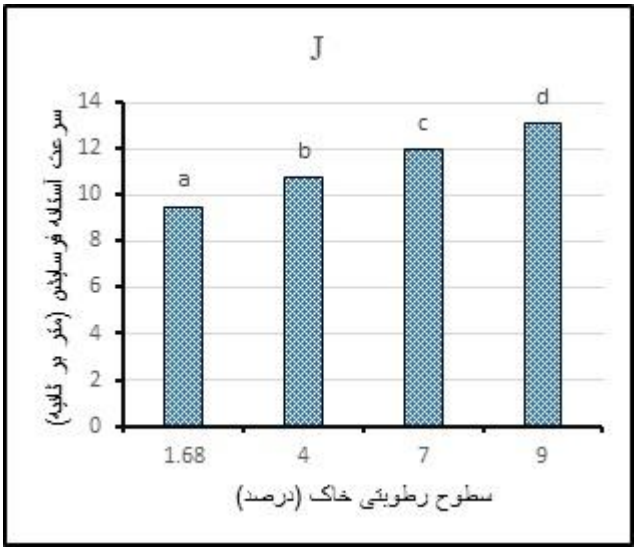
این کانون به‌شمار می‌روند.

نتایج آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد برای نمونه‌های H و J، که به ترتیب از بخش‌های شرق و شمال‌شرقی هور شرایع ماهشهر از منابع عمده‌ی تولید گرد و غبار در پهنه، برداشت شده‌اند، در شکل‌های (۴-الف و ۴-ب)، نشان داده شده است. هر یک از تیمارهای رطوبتی هواخشک، ۴، ۷ و ۹ درصد، در خروجی آزمون دانکن (سطح احتمال ۵ درصد)، با حروف مجزای a، b، c و d، مشخص شده که نشان می‌دهد، اختلاف معنی‌داری میان هر یک از تیمارها مشاهده شده است. به بیان دیگر، نقش سطوح رطوبتی و اثرگذاریِ پارامتر رطوبت، بر میانگین‌های سرعت‌های آستانه‌ی فرسایش، در هر یک از نمونه-های H و J با استفاده از این آزمون، قابل ملاحظه و معنی‌دار ارزیابی شد. میانگین سرعت‌های آستانه‌ی فرسایش در سطح رطوبتی هواخشک در نمونه‌های H و J به ترتیب، ۸/۵ و ۹/۵ متر بر ثانیه برآورد شد. پس از افزودن رطوبت تا سطح ۹ درصد در نمونه‌ی H، میانگین سرعت آستانه تا میزان ۱۱/۱۸ متر بر ثانیه بالا رفت. چگونگی اثر رطوبت بر میانگین سرعت در نمونه‌ی J با وجود معنی‌داری و حفظ روند افزایشی، اندکی متفاوت بوده و در نهایت با رسیدن به سطح رطوبتی ۹ درصد، میزان میانگین سرعت در این نمونه به ۱۳/۱ متر بر ثانیه رسید.

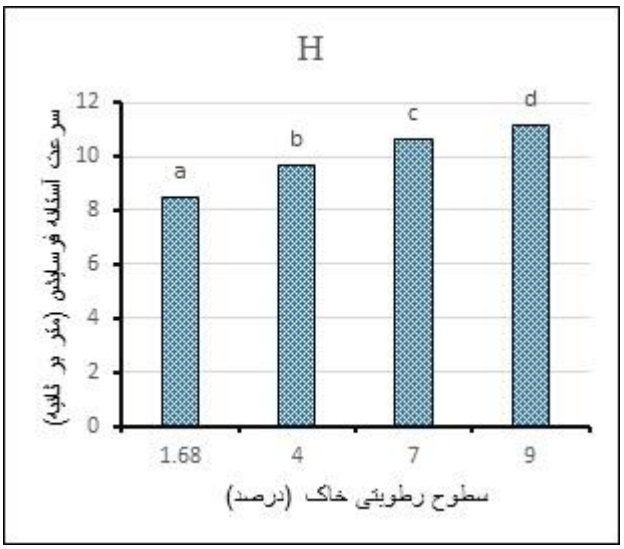
پهنه‌ی جغرافیایی نمونه خاک I، اراضی پست و شور هور شادگان می‌باشد. این اراضی، در غربی‌ترین منطقه از کانون گرد و غبار ماهشهر- امیدیه واقع شده و از پسروی هور شادگان به وجود آمده است. امروزه و پس از خشک شدن این بخش، خاک این اراضی نسبت به فرسایش بسیار حساس برآورد می‌گردد. از آن‌جا که موقعیت جغرافیایی این گستره به گونه‌ای است که با وزش باد جنوبی، گرد و غبار برخاسته از این اراضی مستقیما بر روی شهر اهواز می‌ریزد بنابراین پهنه‌ی فوق، یکی از مهم‌ترین الویت‌های تثبیت در کانون شماره‌ی ۵ به حساب می‌آید. نتیجه‌ی آزمون چند دامنه‌ای دانکن و اثر افزایش سطح رطوبتی خاک بر مقدار میانگین سرعت‌های آستانه فرسایش بادی برای نمونه‌ی I، در شکل (۴- ج) نشان داده شده است. گروه‌بندیِ صورت گرفته در خروجیِ آزمون دانکن در این شکل نشان داده شده و بیانگر اختلافی معنی‌دار مابین هر ۴ تیمار رطوبتی می‌باشد. بر این اساس اثر فاکتور رطوبت بر میانگین سرعت آستانه، معنی‌دار برآورد گردید. با افزایش رطوبت به سطح ۹ درصد در این نمونه، میانگین سرعت‌های آستانه‌ی نمونه‌ی I به ۱۳/۹۸ متر بر ثانیه رسید. میانگین سرعت آستانه فرسایش نمونه‌ی I، در سطح رطوبتی هواخشک، ۷/۶۱ متر بر ثانیه اندازه‌گیری شد.

پهنه‌ی جغرافیایی برداشت نمونه خاک K، اراضی پست و شور شمال هندیجان است. این گستره در بخش‌های شمالی شهرستان هندیجان و در حد فاصل بین اراضی کشاورزی اطراف رودخانه‌ی زهره و و مناطق پست و ساحلی خلیج فارس گسترده شده است. این اراضی یکی از منابع عمده‌ی تولید گرد و غبار در کانون شماره‌ی ۵ محسوب می‌شوند. نمونه‌ی K از گستره‌ی جنوب‌شرق کانون برداشت شده است. نتایج آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد بر روی داده‌های میانگین سرعت آستانه فرسایش در سطوح معین رطوبتی، برای این نمونه، در شکل (۴-د) مشخص شده است. همانگونه که گروه‌بندیِ مشخص شده در شکل، نشان می‌دهد، اختلاف میان هر ۴ ، تیمارِ رطوبتی، معنی‌دار ارزیابی گشته و به بیان دیگر، افزایش سطوح رطوبتی به افزایش میانگین سرعت‌های آستانه، در این نمونه منجر شده است. بر این اساس میانگین سرعت آستانه در سطوح رطوبتی هواخشک، ۴ درصد، ۷ درصد و ۹ درصد، به ترتیب ۸/۱، ۱۰/۴۲، ۱۳/۱۹ و ۱۵/۱۶ متر بر ثانیه برآورد گردید.

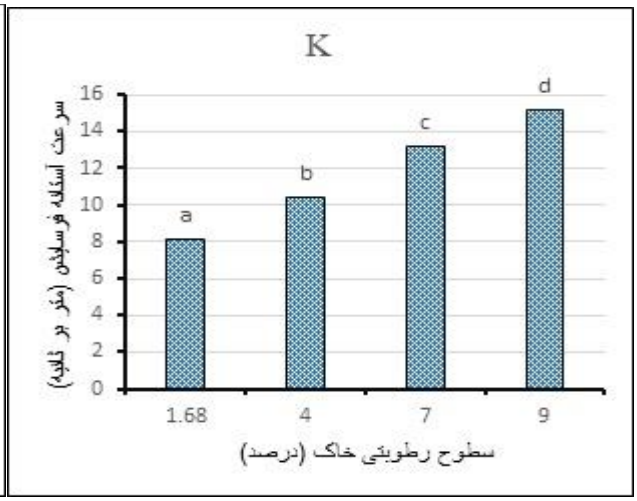
مقایسه‌ی میان نتایج به دست آمده از نمونه‌های برداشتیِ پهنه‌ی ماهشهر- امیدیه (کانون شماره‌ی ۵)، نشان‌دهنده‌ی آن است که نمونه‌ی H، نسبت به J از وضعیت بحرانی‌تری در زمینه‌ی فرسایش بادی برخوردار می‌باشد. به عبارت دیگر بخش سنجش شده در پهنه‌ی شرقی هور شرایع ماهشهر، نسبت به فرسایش بادی حساس‌تر از گستره‌ی شمال‌شرقی آن، ارزیابی می‌گردد. از سوی دیگر، نمونه‌ی I در مقایسه با دو نمونه‌ی H و J در حالت هواخشک، از دیدگاه فرسایش وضعیت بحرانی‌تری را تجربه می-کند. به نظر می‌رسد که با توجه به مقدار میانگین سرعت آستانه در سطح رطوبتی هواخشک، نمونه‌ی K برداشتی از اراضی پست و شور هندیجان نسبت به نمونه‌های برداشتی از پهنه‌ی هور شرایع ماهشهر فرسایش‌پذیری بیشتری را تجربه می‌کند. به‌طور کلی، نمونه‌های J و I، مابین نمونه‌های موردآزمایش در کانون شماره‌ی ۵ ، به ترتیب ، بیشترین و کمترین میانگین سرعت آستانه‌ی فرسایش را به خود اختصاص دادند.



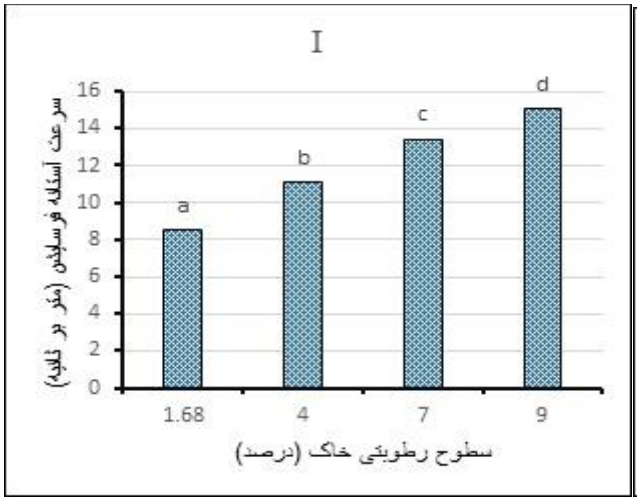
الف) نمونه H



ب) نمونه J



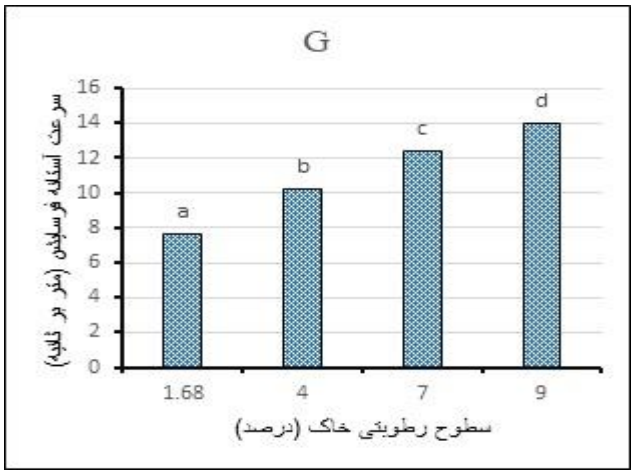
ج) نمونه I



د) نمونه K

شکل ۴-مقایسه‌ی میانگین سرعت‌های آستانه فرسایش در سطوح رطوبتی تعیین شده، برای نمونه خاک‌های H (الف)،J (ب)، I (ج) و K (د)

نمونه خاک G، از گستره‌ی کوه‌های رگ سفید واقع در کانون شرق هندیجان (کانون شماره ۷)، برداشت شده است. اراضی این کانون، در بخش‌های شرقی رودخانه زهره و به موازات تاقدیس رگ سفید قرار گرفته‌اند. این اراضی با وجود خشکسالی-های پی‌درپی و کاهش بارش، به شدت در معرض فرسایش بوده و یکی از گستره‌های تولید کننده‌ی گرد و غبار در استان خوزستان به شمار می‌روند. یافته‌های آزمون دانکن در سطح احتمالاتی ۵ درصد، برای این نمونه خاک در شکل (۵) نشان داده شده است. گروه‌های مجزای a، b، c و d، که نمایانگر اختلاف معنی‌دار کلیه‌ی تیمارهای رطوبتی در این پهنه است، نیز در شکل مشخص است. این یافته‌ها اثر سطوح رطوبتی را بر میانگین سرعت آستانه‌ی فرسایش در نمونه خاک G، معنی‌دار گزارش کردند. میانگین سرعت آستانه‌ی نمونه خاک G، در سطح رطوبتی هواخشک، ۸/۵ متر بر ثانیه اندازه‌گیری شد. پس از افزودن رطوبت تا سطح ۹ درصد، میزان میانگین سرعت آستانه تا ۱۵/۰۸ متر بر ثانیه بالا رفت.



شکل ۵- مقایسه‌ی میانگین سرعت‌های آستانه فرسایش در سطوح رطوبتی تعیین شده، برای نمونه خاک G

با توجه به یافته‌های آزمون دانکن، در بین کل نمونه‌های برداشتی از هر ۳ کانونِ ۴، ۵ و ۷ ، بیشترین میانگین سرعت‌های آستانه‌ی فرسایش در شرایط هواخشک و ۴ درصد، متعلق به نمونه‌ی D (کانون شماره‌ی ۴) و در حالت ۷ و ۹ درصد متعلق به نمونه‌ی F (کانون شماره‌ی ۴)، می‌باشد. بر همین اساس کمترین میانگین سرعت‌های آستانه، برای سطح هواخشک، متعلق به نمونه‌ی G (کانون شماره‌ی ۷) و برای سطوح ۴ ، ۷ و ۹ درصد متعلق به نمونه‌ی B (کانون شماره‌ی ۴)، می‌باشد. بنابراین محدوده‌ی تغییرات میانگین سرعت‌ها برای سطح رطوبتی هواخشک، در بازه‌ی ۷/۶۱ تا ۱۱/۸ متر بر ثانیه، ارزیابی شده است. بر این اساس محدوده تغییرات میانگین سرعت‌های آستانه برای سطح رطوبتی ۴ ، ۷ و ۹ درصد نیز به ترتیب در بازه‌ی ۹/۰۳ تا ۱۳/۲۳ ، ۱۰/۲۷ تا ۱۴/۹۱ و ۱۱/۱۴ تا ۱۶/۲۵ متر بر ثانیه برآورد گردید. افزایش حد بالا و پایین در بازه‌ی مذکور، نشان دهنده‌ی افزایش میانگین سرعت آستانه با افزایش سطح رطوبتی در تمام نمونه‌های سنجش شده در ۳ کانون، می‌باشد.

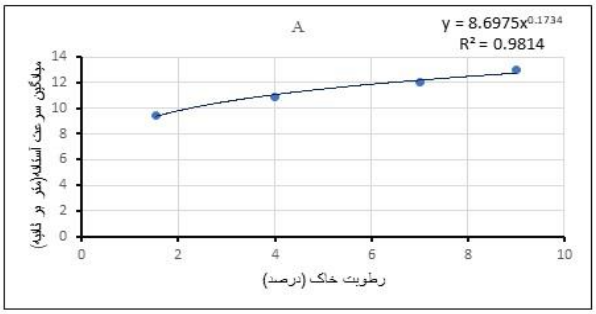
شکل (۶) چگونگی ارتباط پارامتر میانگین سرعت آستانه فرسایش بادی و درصد رطوبت را برای کلیه‌ی نمونه‌های مورد آزمون نشان می‌دهد. محاسبه‌ی ضرایب رگرسیونی در هر یازده نمونه‌ی خاک، میان دو فاکتور یاد شده یک رابطه‌ی غیرخطی و توانی را با ضریب همبستگی بالا برآورد کرد، از این رو نشان سطوح معین رطوبتی بر میانگین سرعت فرسایش بادی قابل ملاحظه ارزیابی گردید.

درصد نسبی تغییر میانگین‌های سرعت آستانه در جدول (۴) نشان داده شده است. یافته‌ها نشان داد که پس از افزایش رطوبت از هواخشک به ۴ درصد، خاک G، با ۳۴ درصد و خاک D، با ۱۲ درصد تغییر در میانگین سرعت آستانه‌ی فرسایش ، به ترتیب بیشترین و کمترین واکنش را در بین کل نمونه‌های خاک داشته‌اند. نمونه خاک G، بیشترین میزان رس و نمونه خاک D، بیشترین مقدار شن را میان بقیه‌ی نمونه‌های خاک داشته به این ترتیب نقش ذرات رس در نگهداشت رطوبت خاک و ایجاد چسبندگی برای ممانعت از گسستگی خاکدانه‌ها و جدا شدن آن‌ها از سطح خاک در اثر نیروی باد، به روشنی مشخص می‌گردد. جدول (۲) نشان داد که خاک‌های C، E، F، I و K نیز درصد زیادی، ذرات رس دارند. بر اساس یافته‌های گزارش سازمان زمین شناسی، درصد قابل توجهی از رسوبات کانون‌های گرد و غبار از ذرات رس تشکیل شده است این امر به واسطه‌ی تالاب‌های متعددِ خشک شده و خشکسالی‌های متمادی در این گستره اتفاق افتاده است (۱۲). نتایج جدول (۳) نشان داد که بیشترین درصد تغییرات سرعت آستانه فرسایش با افزایش رطوبت از هواخشک به ۴ درصد، در همین نمونه خاک‌ها اتفاق افتاده و بنابراین به نظر می‌رسد که افزودن رطوبت به این نمونه‌ها می‌تواند در کاهش فرسایش بادی اثرگذار تلقی گردد. این یافته‌ها، با نتایج *et al*. He (2013) مبنی بر این‌که عامل رطوبت در کنترل فرسایش بادی، نقش ویژه‌ای ایفا می‌کند و همچنین نتایج مطالعات Zohrabi *et al*. (2019) مبنی بر این‌که رطوبت مهم‌ترین و بارزترین پارامتر موثر بر سرعت آستانه‌ی فرسایش بادی در کانون-های گرد و غبار است، نیز هم‌خوانی دارد. نتایج همچنین با یافته-های پژوهش Shainberg *et al*. (2003) که بیان می‌کنند در خاک‌های رسی، رطوبت بیش از سایر عوامل، رفتار خاک را کنترل می‌کند، نیز هم‌خوانی دارد. Le Bissonnais *et al*. (1995) نیز در پژوهشی دریافتند زمانی که خاک‌هایی با درصد رس بالا، رطوبت بیشتری داشته باشند، کمترین میزان فرسایش را خواهند داشت. افزون بر این رابطه‌ی منفی سرعت آستانه‌ی فرسایش بادی با پارامترهایی مانند درصد رسی بودن و محتوای رطوبتی خاک در پژوهش Sirjani et al (2018) نیز نشان داده شد.

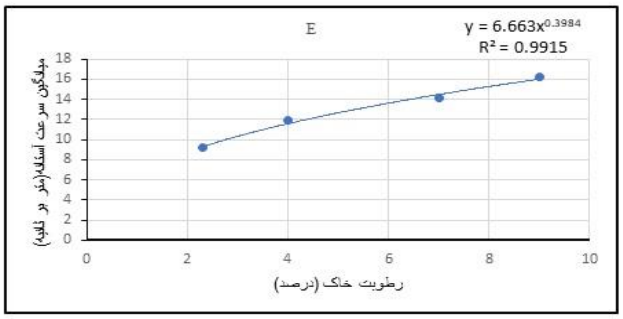
از دیگر سو، با وجود آن‌که میانگین سرعت باد در نمونه خاک G با افزایش سطح رطوبتی بطور متنابهی افزایش داشته و درصد تغییرات نسبی در سطوح رطوبتی بعدی نیز افزایشی برآورد شده است ولی روند افزایش سرعت آستانه بطور کاملا محسوسی کندتر شده که این موضوع می‌تواند اشاره به نقش مهم پارامتر رطوبت آستانه در افزایش نسبی سرعت آستانهِ فرسایش بادی داشته باشد. با بررسی ویژگی‌ها و رفتار نمونه خاک D و در نظر داشتن این نکته که نسبت به نمونه خاک G، بافت سبک‌تر و شوری کمتری دارد، قابل انتظار است که درصد تغییرات سرعت آستانه در این نمونه خاک، نسبت به افزایش رطوبت، تغییرپذیری کمتری داشته باشد.

یافته‌ها همچنین نشان داد که در تمام نمونه‌های سنجش شده با افزودن رطوبت به خاک، درصد نسبی تغییرات سرعت آستانه کاهش یافته است، به گونه‌ای که در سطح ۷ درصد نسبت به ۴ درصد و همچنین ۹ درصد نسبت به ۷ درصد، تغببرات میانگین سرعت، کاهش قابل ملاحظه ای داشته است.

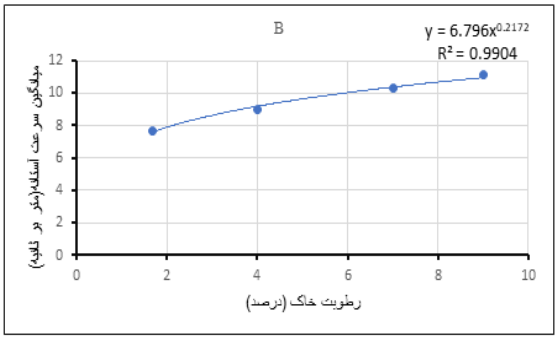
اگرچه در سطوح رطوبتی ۴ و ۷ درصد تغییرات نسبی سرعت آستانه در نمونه‌هایی مانند A و B، که از گستره‌ی پست و شور هور منصوری برداشت شده بودند، ناهمسان مشاهده شد ولی در سطح رطوبتی ۹ درصد، رفتار این سه نمونه تا اندازه‌ی زیادی مشابه گزارش گردید. به همین ترتیب برای نمونه خاک-های E و F، برداشتی از دشت رسوبی جراحی، درصد نسبی تغییرات در سطح رطوبتی ۴ درصد مشابه ارزیابی شد.



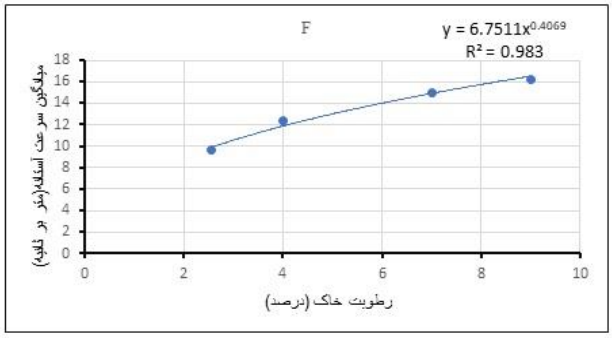
الف) نمونه A



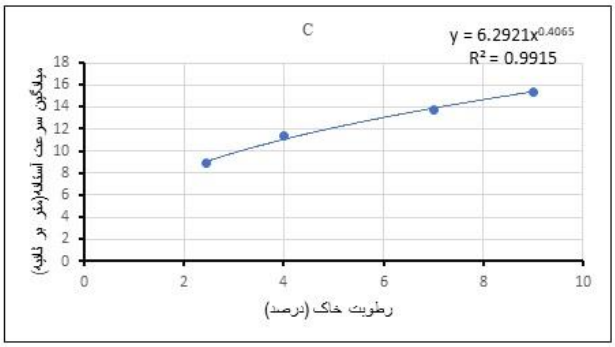
ه) نمونه E



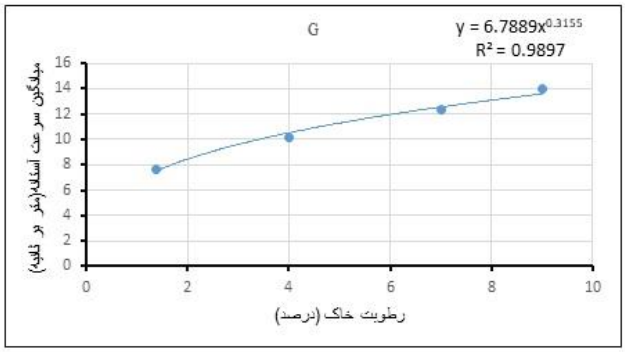
ب) نمونه B



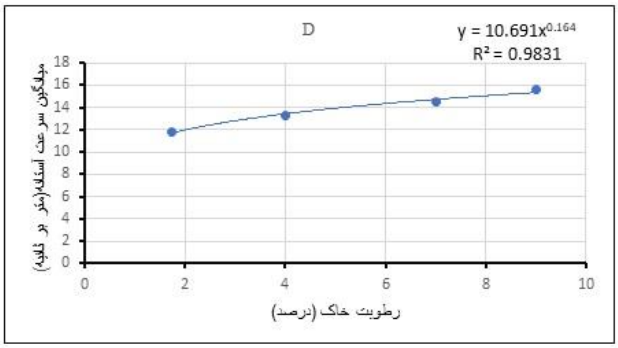
و) نمونه F



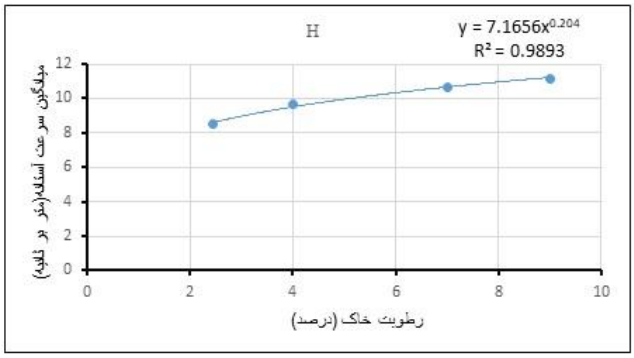
ج) نمونه C



ز) نمونه G

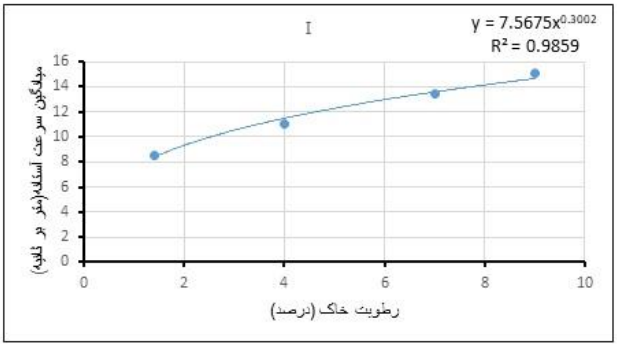


د) نمونه‌ی D

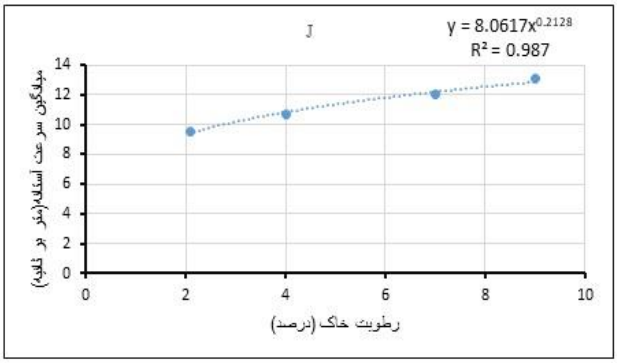


ح) نمونه H

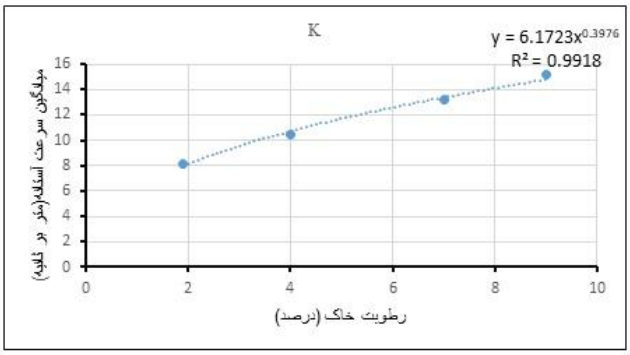
شکل ۶) ارتباط‌سنجی میان درصد رطوبت و میانگین سرعت‌های آستانه برای نمونه‌های A(الف)، B(ب)، C(ج)، D(د)، E(ه)، F(و)، G(ز)، H(ح)، I(ط)، J(ی)، K(ک)



ط) نمونه I



ی) نمونه J



ک) نمونه K

ادامه شکل ۶) ارتباط‌سنجی میان درصد رطوبت و میانگین سرعت‌های آستانه برای نمونه‌های A(الف)، B(ب)، C(ج)، D(د)، E(ه)، F(و)، G(ز)، H(ح)، I(ط)، J(ی)، K(ک)

جدول ۴- درصد نسبی تغییر سرعت آستانه فرسایش در رطوبت‌های ۴، ۷ و ۹ درصد نسبت به سطح رطوبت قبلی

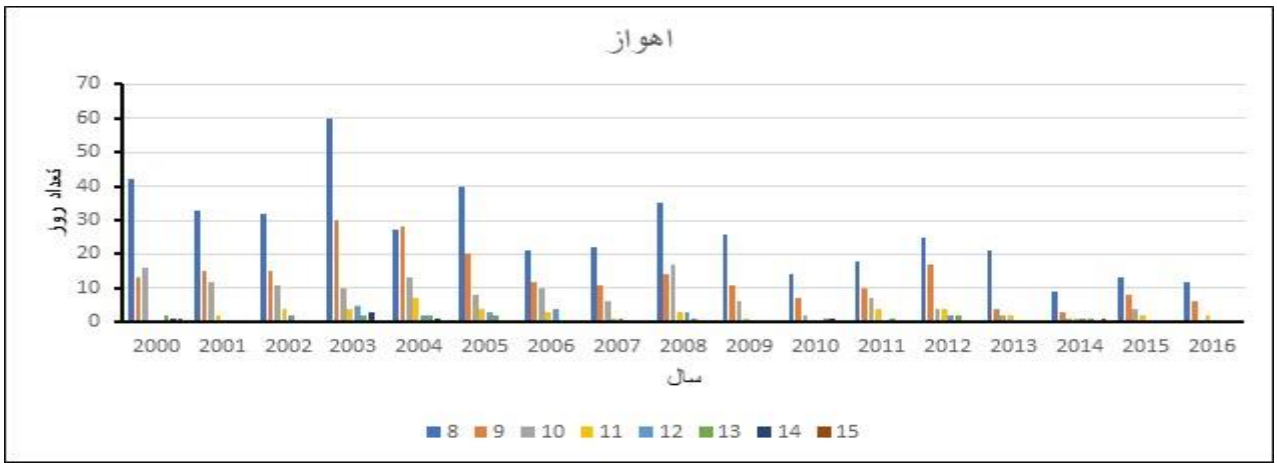
نمونه خاک	میانگین سرعت در شرایط رطوبتی هواخشک (متر بر ثانیه)	تغییرات سرعت در رطوبت ۴ درصد نسبت به هواخشک ٪	تغییرات سرعت در رطوبت ۷ درصد نسبت به ۴ ٪	تغییرات سرعت در رطوبت ۹ درصد نسبت به ۷ ٪
A	۹/۴۷	۱۵	۱۱	۸
B	۷/۶۸	۱۸	۱۴	۸
C	۸/۹	۲۸	۲۰	۱۲
D	۱۱/۸	۱۲	۱۰	۷
E	۹/۱۹	۲۹	۱۹	۱۵
F	۹/۶	۲۹	۲۰	۹
G	۷/۶۱	۳۴	۲۱	۱۳
H	۸/۵	۱۴	۱۰	۵
I	۸/۵	۳۰	۲۱	۱۲
J	۹/۵	۱۳	۱۲	۹
K	۸/۱	۲۹	۲۷	۱۵

یافته‌ها همچنین نشان داد که درصد تغییرات سرعت آستانه‌ی نمونه‌ی K در سطوح رطوبتی ۷ و ۹ درصد، از نمونه‌های دیگرِ آزمایش شده، بیشتر است. همچنین نمونه‌ی H برداشت شده از هور شاه حمزه‌ی ماهشهر نسبت به بقیه‌ی نمونه‌ها در سطح ۹ درصد، کمترین تغییرات نسبی سرعت آستانه را نشان داده است.

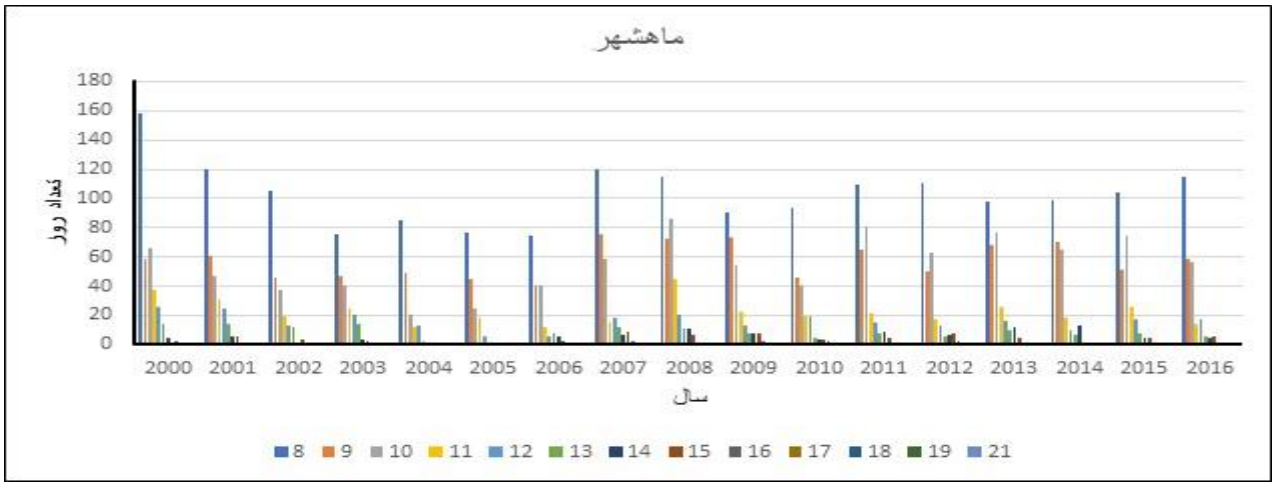
شکل (۷)، تعداد روزهایی که میزان سرعت باد در ایستگاه-های اهواز، هندیجان و ماهشهر به ۸ متر بر ثانیه و بیش از آن رسیده، را نشان می‌دهد. از آنجایی که کمترین میانگین سرعت آستانه‌ی محاسبه شده با استفاده از تونل باد، برای نمونه‌ی G، به میزان ۷/۶۱ متر بر ثانیه برآورد گردید، این سرعت به عنوان سرعت کمینه انتخاب شد. یافته‌ها نشان‌دهنده‌ی آن است که در طول سال، بارها میزان سرعت باد در ایستگاه‌های مجاورِ منطقه

به بیش از این سرعت رسیده است به عنوان مثال، در ایستگاه هواشناسی هندیجان در سال ۲۰۱۵ ، به ترتیب ۱۱۹ مرتبه سرعت ۸ متر بر ثانیه و ۴۴ مرتبه سرعت ۹ متر بر ثانیه، رخ داده است.

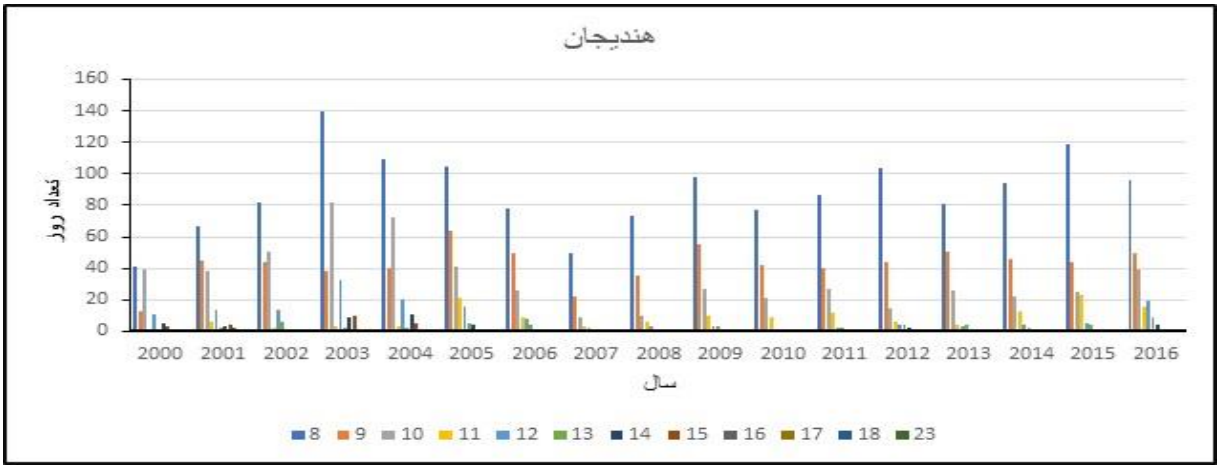
از سوی دیگر، ایستگاه هواشناسی ماهشهر نسبت به اهواز و هندیجان از دیدگاه سرعت‌های بالاتر از سرعت کمینه، وضعیت بحرانی‌تری را تجربه می‌کند. بعنوان نمونه در سال ۲۰۱۱، در ایستگاه‌های اهواز، ماهشهر و هندیجان تعداد روزهایی که رخداد سرعت باد به ۱۰ متر بر ثانیه رسیده است، به ترتیب ۷، ۲۷ و ۸۱ روز بوده است.



الف) ایستگاه اهواز



ب) ایستگاه ماهشهر



ج) ایستگاه هندیجان

شکل ۷-تعداد روزهایی که در دوره زمانی ۲۰۱۶-۲۰۰۰ سرعتِ باد در ایستگاه‌های ماهشهر(الف)، اهواز (ب)، هندیجان (ج) از ۸ متر بر ثانیه بیشتر بوده است

نتیجه‌گیری

مدیریت فرسایش در کانون‌های گرد و غبار استان خوزستان، به‌عنوان تولید کننده‌ی عمده‌ی گرد غبار در این منطقه، نیازمند انجام پژوهش‌هایی، جهت ارائه‌ی راهکارهای اجرائی می‌باشد. در پژوهش حاضر رفتار خاک‌های مختلف با کاربری‌ها و خصوصیات متفاوت، تحت شرایط رطوبتی معین در گستره‌ی اراضی ۳ کانون فوق بحرانی گرد و غبار ارزیابی گردید. میانگین سرعت‌های آستانه‌ی فرسایش در سطوح رطوبتی هواخشک، ۴، ۷ و ۹ درصد برای نمونه خاک‌های برداشتی از پهنه‌ی مطالعاتی محاسبه گردید. نتایج به دست آمده از آزمون دانکن روی تمامی نمونه خاک‌های سنجش شده، اثر رطوبت را بر سرعت آستانه کاملا معنی‌دار ارزیابی کرد. با وجود آن‌که روند افزایشی سرعت‌های آستانه با افزایش رطوبت در تمامی نمونه‌ها مشاهده گردید اما چگونگی و تغییرات آن برای خاک‌هایی با بافت، شوری و میزان سدیمِ مختلف، متفاوت ارزیابی شد. تحلیل پارامتر سرعت باد در ۳ ایستگاه هواشناسی هندیجان، اهواز و ماهشهر، نشان داد تعداد روزهایی که سرعت باد از کمینه‌ی میانگین سرعت‌های آستانه‌ی فرسایش، بیشتر بوده، قابل ملاحظه است. بر این اساس، بیشترین فراوانی سرعت بادهای بیشتر از کمینه‌ی سرعت آستانه، در دوره‌ی زمانی یاد شده در این سه ایستگاه به ترتیب متعلق به سرعت‌های ۸، ۹، ۱۰ و ۱۱ متر بر ثانیه ارزیابی گردید. با افزایش سرعت باد، فراوانی رخداد آن، در هر سه ایستگاه کاهش می‌یابد. فراوانی وقوع سرعت‌های بالاتر از ۱۶ متر بر ثانیه در دوره‌ی زمانی مذکور، بسیار کمتر از سرعت ۸ متر بر ثانیه بود به‌گونه‌ای که رخداد آن در اکثر سال‌های مورد مطالعه صفر تا حداکثر دو بار در سال برآورد گردید. از آنجا که یافته‌های این پژوهش نشان داد با افزایش رطوبت تا سطح ۹ درصد در نمونه خاک‌های برداشتی از منطقه، میانگین سرعت آستانه فرسایش بادی بین ۱۱/۱۴ تا ۱۶/۲۵ متر بر ثانیه افزایش داشته، به نظر می‌رسد که با افزایش سطوح رطوبتی خاک، می‌توان سرعت آستانه‌ی فرسایش بادی را تا جایی افزایش داد که از سرعت حداکثری باد در منطقه بیشتر باشد و به این ترتیب از برخاست و انتقال ذرات خاک در پدیده‌ی فرسایش بادی، تا اندازه‌ای جلوگیری کرد. یافته‌های پژوهش حاضر، همچنین نشان داد که افزایش ۴ درصد حجمی، رطوبت، به نمونه‌های خاک در سطح هواخشک، سرعت آستانه فرسایش بادی در نمونه‌ها را بین ۱۱ تا ۳۵ درصد بالا برد. در این حالت، بیشترین تغییرات سرعت آستانه در خاک‌های C، E، F، G، I و K، مشاهده شد که بافت آن‌ها محتوی درصد رس بیشتری بوده و در نتیجه سنگین‌تر قلمداد می‌شدند. با افزایش سطح رطوبتی به سطوح ۷ و ۹ درصد، روند افزایشی تغییرات سرعت آستانه ادامه یافت به‌گونه‌ای که نسبت تغییرات سرعت در سطح رطوبتی ۷ درصد نسبت به ۴ درصد، بین ۱۰ تا ۲۷ و در سطح رطوبتی ۹ درصد نسبت به ۷ درصد، بین ۴ تا ۱۵ درصد افزایش نشان داد. اگرچه شیب تند افزایشی تغییرات آن به تدریج و با افزایش رطوبت سطحی به خاک کندتر گردید.

لازم به تذکر است که با در نظر گرفتن یافته‌های پژوهش، بهتر آن است که در مطالعاتِ تعیین سرعت آستانه‌ی فرسایش بادی، بعد رطوبتی خاک، نیز در نظر گرفته شود. از سوی دیگر با توجه به پویایی پارامتر رطوبت، تغییر در شرایط رطوبتی خاک، می‌تواند به تعیین سرعت آستانه فرسایش بادی کمک کند. بنابراین یکی از کاربردهای شناخت وضعیت رطوبتی خاک در پهنه و ارزیابی سرعت آستانه، کمک به پیش‌بینی و مدلسازی فرسایش بوده و افزون بر این در زمینه هشدار و ارزیابی در زمان بحران نیز می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد.

بر اساس نتایج پژوهش، سرعت آستانه‌ی فرسایش در نمونه خاک‌هایی با سطح رطوبتی هواخشک، از ۷/۶۸ متر بر ثانیه شروع شده و پس از افزایش سطح رطوبتی در بیشترین حالت به ۱۶/۲۵ متر بر ثانیه می‌رسد این یافته نشان‌دهنده‌ی آن است که افزایش اندکی رطوبت سطحی به خاک از روش‌های گوناگون طبیعی (بارش، افزایش رطوبت هوا، تراوش آب زیرزمینی و...) و یا مصنوعی (افزایش رطوبت به خاک با استفاده از ابزار)، می‌تواند نقش قابل ملاحظه‌ی، در حذف و کنترل روزهای غبارآلود داشته باشد.

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

REFRENCES

Baybordi, M., (2000). Soil Physics. Publishers by University of Tehran Press (UTP)., 671, (In Farsi).

Binam., (2017). Dust control studies report of internal origin in Khuzestan province. Desert Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), (In Farsi).

Dargahian, F, Razavizadeh, S, Lotfinasab Asl, S., (2018). The role of water resources management as one of the factors contributing in the dust resource activity amplification in southeast parts of Ahwaz. *Journal of IRAN NATURE*, 3(4), 26-33, (In Farsi).

He, j,j, Cai, Q.G, Cao, W.Q., (2013). Wind Tunnel Study of Multiple Factors Affecting Wind Erosion from Cropland in Agri-pastoral Area of Inner Mongolia, China. *Journal of Mountain Science*, 10(1), 68-74.

Heidarian P, Aghdari, A, Joudaki M, Darvishi Khatoni J, Shahbazi R., (2016). Identifying interior sources

of dust storms using remote sensing, GIS and geology (case study: Khuzestan province. *Scientific quarterly journal, GEOSCIENCES*, 27(105), 33-46, (In Farsi).

Heidarian P, Joudaki M, Darvishi Khatoni J, Shahbazi R., (2015). Recognized Dust Sources in Khuzestan Province, Mine and Trade Geological Survey of Iran South West Regional Center, (In Farsi).

Ju, T, Li, X, Zhang, H, Cai, X, Song Y., (2018). Effects of soil moisture on dust emission from 2011 to 2015 observed over the Horqin Sandy Land area, China. *Aeolian Research*, 32, 14-23.

Lal, R., Stewart, B.A., (1990), Soil degradation: a global threat. *Advances in Soil Science*, 11: 12-16.

Le Bissonnais, Y., Renaux, B., Delouche, H., (1995). Interactions between soil properties and moisture content in crust formation, runoff and inter rill erosion from tilled loess soils. Catena 25, 33-46.

Mahmoodabadi, M, Zamani, S., (2012). Effect of wind speed and soil particle size distribution on sediment transport mechanisms due to wind erosion. *Journal of Water Engineering Manage*, 4(3), 141-151. (In Farsi).

Meng, Zh, Dang, X, Gao, Y, Ren, X, Ding, Y, Wang, M., (2018). Interactive effects of wind speed, vegetation coverage and soil moisture in controlling wind erosion in a temperate desert steppe, Inner Mongolia of China. *Journal of Arid Land*, 10, 534-547.

Mirhasani, M., Rostami, N., Bazgir, M., Tavakoli, M., (2019). Threshold friction velocity and soil loss across different land uses in arid regions: Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 12, 91.

Norouzi, A., Ansari, M., Asgharipour Dashtbozorg, N., (2018). Land use changes in dust sourcesof south and south-east Ahwaz. *Journal of Water and Soil Science*, 23(3), 341-354, (In Farsi).

Ravi, S., Zobeck, T.M., Over, T.M., Okin, G.S., and Odorico, P., (2006). On the effect of moisture bonding forces in air-dry soils on threshold friction velocity of wind erosion. *Sedimentology*. 53(3), 597-609.

Shainberg, I., Mamedov,A.I, Levy, G.J., (2003). Role of wetting rate and rain energy in seal formation and erosion. *Soil Science*. 168, 54-62.

Shao, Y., (2008). Physics and modeling of wind erosion, Springer, New York.

Shoaee, Z, (2016). Intensification of dust storms: important environmental challenge of the last decade in West Asia and Iran. *The First International Conference of Iranian Natural Hazards and Environmental Crises in Iran, Strategies and Challenges*, Ardabil, Iran, (In Farsi).

Sirjani, E., Sameni, A., Moosavi, A.A., Mahmoodabadi, M., (2018). Assessment of wind erosion rate affected by different soil properties in thee FARS province, IRAN. *International Confrence on Aeolian Research*, Bordeaux, France.

Weinan, ch, Zhibao, D, Zhenshan, L, Zuotao, Y., (1996). Wind tunnel test of the influence of moisture on the erodibility of loessal sandy loam soils by wind. *Journal of Arid Environments*, 34, 391-402.

Yang, G., Geng, Y., Fu, X., Caulter, J.A., Chai, Q., (2020). The Effects of wind erosion depending on cropping system and tillage method in a semi-arid region. *Agronomy*, 10, 732.

Zhang, C.L., Zou, X.Y., Gong, G.R., Liu, L.Y., and Liu, Y.Z., (2004). Aerodynamic roughness of cultivated soil and its influences on soil erosion by wind in a wind tunnel. *Soil and Tillage Research*, 75, 53-59.

Zhang, C.L., Zou, X.Y., Gong, G.R., Liu, L.Y., and Liu, Y.Z., (2004). Aerodynamic roughness of cultivated soil and its influences on soil erosion by wind in a wind tunnel. *Soil and Tillage Research*, 75, 53-59.

Zohrabi, S, Khosravi, H, Mesbahzadeh, T, Jafari, M, Dastorani, M., (2019). Investigating wind erosion threshold velocity and the effect of soil characteristics in dust production centers in Alborz province. Arid Regions Geographic Studies. *Journal of Arid Regions Geographic Studies*, 10(38), 1-13, (In Farsi).

Zolfaghari, F, Khosravi, H., (2015). Assessment of Wind Erosion Intensity by IRIFR Model Case Study: Jazinak, Sistan, Iran. *Journal of Natural Environment Hazards*, 4(5), 27-45, (In Farsi).