



دانشگاه گورگان و منابع طبیعی گورگان

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و سوم، شماره ششم، ۱۳۹۵
<http://jwsc.gau.ac.ir>

تغییرات فصلی و مکانی نرخ گرد و غبار حمل شده از روی شهرهای دشت سیستان و ارتباط آن با برخی پارامترهای اقلیمی

مهدی دانش‌شهرکی^۱، *علی شهریار^۲، مجتبی گنجعلی^۳ و ابوالفضل بامری^۴

^۱دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه زابل، ^۲استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه زابل، ^۳استادیار بخش جنگل و مرتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی ^۴مربی گروه علوم خاک، دانشگاه زابل
تاریخ دریافت: ۹۵/۴/۳۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۹/۱

چکیده

سابقه و هدف: دشت سیستان به دلیل رسوبات آبرفتی ریزدانه، فرسایش‌پذیری زیادی دارد که با توجه به وزش بادهای ۱۲۰ روزه و خشک بودن منطقه، این ذرات ریز به راحتی جابجا می‌شوند و در نتیجه باعث طوفان‌های متعدد گرد و غبار می‌شوند. بنابراین این مطالعه با هدف بررسی تغییرات نسبت گرد و غبار حمل شده در دشت سیستان و ارتباط میزان گرد و غبار با برخی پارامترهای اقلیمی به صورت فصلی در سال ۱۳۹۴ انجام شده است.

مواد و روش‌ها: برای نمونه‌برداری ۲۵ عدد تله رسوبگیر سیفونی در ۵ شهر دشت سیستان شامل زابل (۷ عدد)، زهک (۴ عدد)، نیمروز (۴ عدد)، هیرمند (۵ عدد) و هامون (۵ عدد) نصب گردید و در پایان هر فصل گرد و غبار جمع‌آوری و اندازه‌گیری شدند. پارامترهای اقلیمی شامل سرعت باد، دمای هوا، رطوبت نسبی، بارندگی، تبخیر و تعرق و میانگین دمای خاک در عمق ۵ سانتی‌متری از اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی زابل و زهک به صورت فصلی مورد استفاده قرار گرفتند. جهت بررسی تغییرات فصلی و مکانی، نرخ گرد و غبار حمل شده و همچنین بررسی ارتباط بین پارامترهای اقلیمی و میزان گرد و غبار از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که میانگین و مجموع سالانه نرخ گرد و غبار حمل شده در دشت سیستان به ترتیب برابر ۳۳۸/۸۵ و ۶۷۷۷/۰۳ گرم بر مترمربع بر فصل بود. شهر هیرمند در بهار و تابستان و شهر نیمروز در پاییز و زمستان دارای بیشترین نرخ گرد و غبار حمل شده بودند. در تمامی فصول شهر هامون دارای کمترین مقدار نرخ گرد و غبار حمل شده بود. میانگین نرخ گرد و غبار حمل شده در دشت سیستان در تابستان (۵۶۶/۲۳ گرم بر مترمربع بر فصل) به صورت معنی‌داری از فصول پاییز و زمستان بیش‌تر بود. مقدار میانگین نرخ گرد و غبار حمل شده با سرعت باد، دمای هوا، دمای خاک در عمق ۵ سانتی‌متری و تبخیر و تعرق همبستگی مثبت و معنی‌داری را نشان داد و با رطوبت نسبی همبستگی منفی و معنی‌داری را نشان داد. اگرچه همبستگی بین بارندگی و میانگین نرخ گرد و غبار حمل شده منفی بود، ولی این ارتباط از لحاظ آماری در سطح احتمال ۰/۰۵ معنی‌دار نبود.

* مسئول مکاتبه: shahriari.ali@uoz.ac.ir

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج به‌دست آمده، از مهم‌ترین عوامل مؤثر در پراکنش مکانی و تغییرات زمانی نرخ گرد و غبار حمل شده در دشت سیستان، می‌توان به فاصله از منبع اصلی برداشت (تالاب‌های هامون)، سطح منطقه برداشت در جهت باد غالب و عوامل اقلیمی که به صورت مستقیم بر فرسایش و تخریب خاک، شرایط هیدرولوژیکی و اکولوژیکی (حضور آب در تالاب‌های هامون و وجود پوشش گیاهی) منطقه نقش دارند، اشاره نمود.

واژه‌های کلیدی: فرسایش بادی، طوفان‌های گرد و غبار، بادهای ۱۲۰ روزه، تالاب‌های هامون

مقدمه

یکی از بلاهای طبیعی که متأسفانه هر ساله خسارت‌های فراوانی به‌ویژه در نواحی خشک و نیمه‌خشک به‌جا می‌گذارد، پدیده گرد و غبار می‌باشد. طوفان گرد و غبار به‌عنوان منبع اصلی ذرات معدنی اتمسفری، به‌طور مکرر در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان اتفاق می‌افتد و به‌عنوان یک خطر زیست‌محیطی جدی در نظر گرفته می‌شود (۱۶). طوفان‌های گرد و غبار نه تنها عامل اصلی هدر رفتن خاک در مناطق برداشت می‌باشند، بلکه باعث پوشانده شدن اراضی زراعی و گیاهان به‌وسیله مواد بادآورده می‌شوند. به‌علاوه، بر نابودی اراضی حاصل‌خیز و کاهش تولید بیولوژیک، تنوع حیاتی و نظام زیستن و ماندگاری ساکنان را به‌شدت تحت‌تأثیر قرار می‌دهند (۲).

خشکی و افزایش بیابان‌زایی توسط فعالیت‌های بشر می‌تواند قابلیت نرخ تولید گرد و غبار حمل شده را افزایش دهند (۱۵). فراوانی وقوع گرد و غبار در یک منطقه به عواملی مانند سرعت باد، خشکی ذرات خاک، اندازه و قطر ذرات و تراکم و ساختار گیاهان بستگی دارد (۴). طوفان‌های گرد و غبار در فصول بهار و تابستان دارای فراوانی بیش‌تر و در فصول پاییز و زمستان دارای فراوانی کم‌تری هستند (۲۴). بیش‌ترین میزان وقوع پدیده گرد و غبار در طول فصل تابستان و در محدوده ایران و پاکستان رخ می‌دهد و زمان شروع پدیده گرد و غبار طی ماه‌های اردیبهشت و خرداد و حداکثر میزان وقوع آن‌ها ماه‌های تیر و

مرداد می‌باشد (۵). بنابراین، بررسی و ارزیابی توزیع مکانی و زمانی میزان آن در مناطق مختلف کشور و به‌خصوص مناطق مستعد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

در سال‌های اخیر، تأثیر عوامل طبیعی همانند خشکسالی‌های مداوم، کاهش بارندگی و رطوبت نسبی محیط به‌همراه دخالت‌های انسان مانند استفاده بی‌رویه از منابع آبی و از بین رفتن نیزارها موجب خشک شدن تالاب‌ها و دریاچه‌های عرصه‌های جنوبی کشور شده و باعث تنک شدن یا از بین رفتن کامل پوشش گیاهی در این مناطق گردیده است. نتیجه چنین وقایعی گسترش شدید گرد و غبار است که در کوتاه‌مدت اثرات نامطلوبی بر محیط زیست، اقتصاد و سلامت ساکنین ۱۷ استان کشور گذاشته است (۸).

تا و همکاران (۲۰۰۴) رسوبات گرد و غبار استان گانسو در کشور چین را بین سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۰ را اندازه‌گیری کردند و بیان داشتند که میزان گرد و غبار و اندازه ذرات موجود در هوا ممکن است به‌طور قابل‌توجهی با کاهش بارندگی و پوشش گیاهی و افزایش سرعت باد تغییر کند (۲۳). نوروزی و خادمی (۲۰۱۵) تغییرات مکانی و زمانی نرخ فرورنشست گرد و غبار در شهر اصفهان و ارتباط آن با برخی پارامترهای اقلیمی را بررسی کردند و بیان داشتند که در ماه‌های خشک ذرات ریزتر گرد و غبار از منشأ احتمالی شرق اصفهان مسافت بیش‌تری را پیموده و در مناطق غربی شهر فرو می‌نشینند و در ماه‌های

در منطقه سیستان باعث تخریب اراضی کشاورزی، کاهش دامداری، توسعه بیابان‌ها و افزایش مهاجرت و خروج نخبگان گردیده است (۱۱). وابستگی منطقه سیستان به آب رودخانه هیرمند، دارا بودن خاک آبرفتی با لایه‌های متناوب سیلت و رس، وزش بادهای ۱۲۰ روزه، پایین بودن ریزش‌های جوی، دما و تبخیر بالا، فقر پوشش گیاهی و بروز خشکسالی‌های اخیر شرایط را جهت ایجاد گرد و غبار در تابستان مهیا می‌سازند (۱۱). خشکسالی‌های اتفاق افتاده و به‌دنبال آن خشک شدن تالاب هامون در سال‌های اخیر باعث افزایش توان منطقه سیستان برای تولید گرد و غبار شده است و بادهای موسمی خاک‌های بستر آن را حرکت می‌دهد و مناطق وسیعی از استان و استان‌های مجاور را دچار گرد و غبار می‌کند (۱۸).

سازمان بهداشت جهانی (۲۰۱۶) در گزارش اخیر خود که به بررسی آلودگی هوا در ۲۹۷۳ شهر در جهان پرداخته بود، زابل را به‌عنوان آلوده‌ترین شهر جهان به‌علت حضور ریزگردها در اتمسفر آن معرفی نمود. از سوی دیگر، آثار زیان‌بار پدیده گرد و غبار در منطقه سیستان نیز هم‌چون برخی استان‌های غربی کشور، طی چند سال اخیر مشاهده شده است (۲۵). در حالی‌که با وجود خشکسالی بیش از یک دهه‌ای و حضور مداوم پدیده گرد و غبار در دشت سیستان تاکنون مطالعه جامعی بر روی خصوصیات این پدیده در مقیاس زمانی و مکانی از طریق اندازه‌گیری مستقیم نرخ گرد و غبار حمل شده در این منطقه صورت نگرفته است. همچنین از آنجایی‌که فهم شرایطی که روی انتشار گرد و غبار و میزان آن تأثیر می‌گذارند، به‌منظور پیش‌بینی وضعیت گرد و غبار اتمسفری و اتخاذ تصمیمات مدیریتی اهمیت ویژه‌ای دارد، بنابراین این مطالعه با هدف بررسی تغییرات فصلی نرخ گرد و غبار حمل شده و ارتباط آن با برخی پارامترهای اقلیمی در دشت سیستان انجام شد.

مرطوب به‌دلیل چسبندگی ذرات خاک و کاهش قدرت حمل باد به‌علت درشت‌تر شدن ذرات، بیش‌ترین نرخ فرونشست گرد و غبار در مناطق شرقی شهر مشاهده می‌شود (۱۵). راشکی و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه رسوبات گرد و غبار و کیفیت هوا در منطقه سیستان، بیان کردند که ذرات بزرگ و سنگین در نزدیکی زمین و ذرات کوچک در ارتفاعات بالاتر حمل می‌شوند و مسافت‌های بیش‌تری را طی می‌کنند، در نتیجه مقدار گرد و غبار حمل شده در درجه اول به‌شدت و مدت حمل و در درجه دوم به سرعت باد و فاصله از منبع گرد و غبار بستگی دارد (۲۰). راشکی و همکاران (۲۰۱۵) حرکت فصلی طوفان‌های گرد و غبار بر فراز منطقه سیستان (ایران) و ویژگی‌های حمل و نقل و مناطق آسیب‌دیده را در طول تابستان (خرداد تا شهریور) و در بازه زمانی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۱ با استفاده از اطلاعات مرکز هواشناسی محلی و مشاهدات ماهواره‌ای بررسی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که حرکت طوفان‌های گرد و غبار (۳۵۶ رخداد در کل) با دید زیر یک کیلومتر در ایستگاه هواشناسی زابل در ایران، در ماه‌های خرداد و تیر، شدت بالاتری دارد. همچنین دریافتند که در چند مورد طوفان گرد و غبار سیستان تحت تأثیر مرکز و جنوب عربستان و اقیانوس هند قرار می‌گیرد (۱۸).

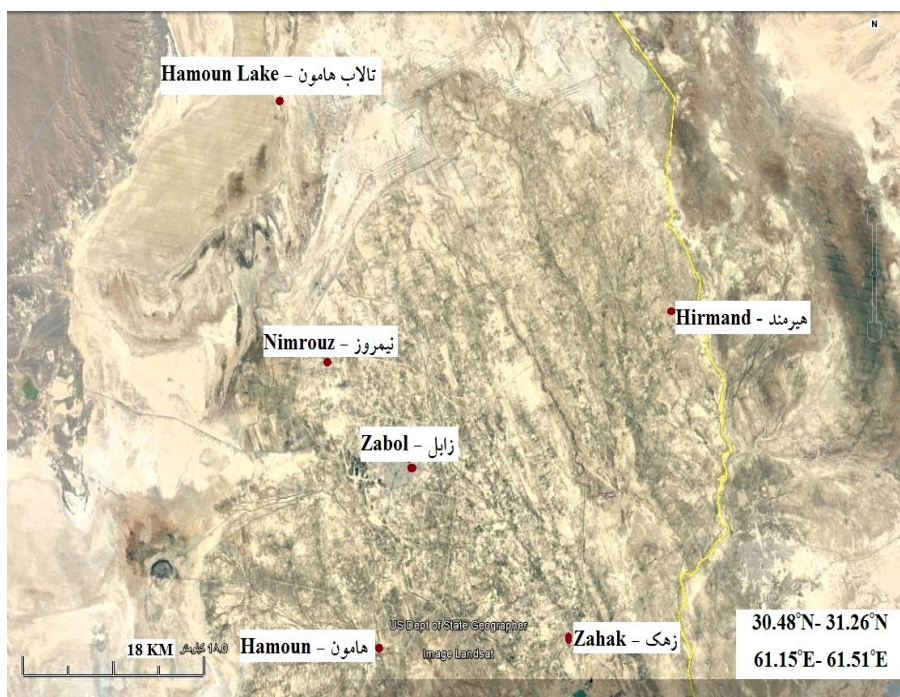
منطقه سیستان یکی از فعال‌ترین منابع طوفان گرد و غبار در آسیا می‌باشد و طوفان‌های گرد و غبار در این منطقه تقریباً در تمام طول سال رخ می‌دهد، ولی بیش‌ترین مقدار طوفان گرد و غبار در فصول تابستان و بهار اتفاق می‌افتد و ویژگی‌های اقلیمی که در ایجاد طوفان گرد و غبار نقش دارند شامل سرعت و جهت باد، خشکسالی و درجه حرارت زیاد می‌باشند (۷). گرد و غبار گذشته از بروز اثرات نامطلوب زیست‌محیطی و بیماری‌های متعدد تنفسی

مواد و روش‌ها

منطقه سیستان از لحاظ تقسیمات کشوری در قسمت جنوب‌شرقی ایران و در قسمت شمال استان سیستان و بلوچستان در عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۴۸ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۶۱ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۵۱ دقیقه شرقی واقع شده است (۱۳). دشت سیستان به صورت یک فرورفتگی تکنونیک در بخش شرقی رشته کوه‌های شرق ایران (سلسله جبال مکران در بلوچستان که از حوالی زابل در سیستان شروع شده تا ناحیه بم‌پشت در بلوچستان امتداد می‌یابد) واقع شده است و از نظر زمین‌شناسی، ساختمان منطقه تحت تأثیر جنبش‌های کوه‌زایی آلپی قرار داشته است و گسل‌های متعددی در آن دیده می‌شود (۱۴). شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

دشت سیستان در طبقه‌بندی بیابان، منطقه‌ای با آب و هوای خشک و بارش سالانه ۶۰/۸ میلی‌متر (۱۹۵۹-۲۰۰۸) می‌باشد (۱). پدیده خشکسالی دشت

سیستان از سال ۱۳۷۶ که با کاهش میزان بارندگی سالانه نسبت به متوسط درازمدت همراه بود، سبب کاهش رطوبت خاک، افزایش تبخیر و به دنبال آن باعث تشدید بادهای ۱۲۰ روزه سیستان و افزایش فرسایش بادی شده است (۱۴). با توجه به آمار درجه حرارت ایستگاه سینوپتیک زابل، گرم‌ترین ماه سال تیرماه (۴/۴ درجه سانتی‌گراد)، بیش‌ترین درصد رطوبت هوا در دی‌ماه (۱۰۰ درصد) و بیش‌ترین سرعت باد در شهریورماه (۸۱/۹ کیلومتر بر ساعت) می‌باشد. آمار ایستگاه سینوپتیک زهک نیز بیانگر آن است که گرم‌ترین ماه‌های سال، خردادماه و تیرماه (۴/۴ درجه سانتی‌گراد)، بیش‌ترین درصد رطوبت در دی‌ماه (۸۴ درصد) و بیش‌ترین سرعت باد در مردادماه (۵۹/۸۵ کیلومتر بر ساعت) می‌باشد. میانگین سالیانه تبخیر در منطقه سیستان نزدیک به ۴۰۰۰ میلی‌متر از سطح تشتک‌های تبخیر برآورد گردیده است (۱۴).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه‌برداری شده.

Figure 1. Location of study area and sampling points.

گردید و در پایان هر ماه گرد و غبارها برداشت و اندازه‌گیری شدند. سپس نمونه‌های گرد و غبار به صورت فصلی (بهار، تابستان، پاییز و زمستان در سال ۱۳۹۴) با یکدیگر مقایسه شد. اطلاعات اقلیمی منطقه مورد مطالعه شامل سرعت باد، درجه حرارت، رطوبت نسبی، بارندگی و تبخیر در طول دوره نمونه‌برداری از ایستگاه‌های سینوپتیک زابل و زهک تهیه شدند (جدول ۱).

در این پژوهش با توجه به شرایط اقلیمی (به‌خصوص سرعت باد و غالب بودن جهت آن) از رسوبگیر سیفونی (شکل ۲) استفاده شد که راشکی و همکاران (۲۰۱۲) در منطقه سیستان به‌طور موفقیت‌آمیزی مورد استفاده قرار دادند، استفاده شد (۲۰). برای نمونه‌برداری ۲۵ عدد تله رسوبگیر در پشت‌بام (ارتفاع ۳ متری) نقاط مختلف ۵ شهر دشت سیستان شامل زابل (۷ عدد)، زهک (۴ عدد)، نیمروز (۴ عدد)، هیرمند (۵ عدد) و هامون (۵ عدد) نصب



شکل ۲- نمونه رسوبگیر مورد استفاده در پژوهش.

Figure 2. Airborne dust sampler.

ارتباط بین پارامترهای اقلیمی و میزان گرد و غبار ترسیب‌یافته در منطقه از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد. نکته قابل‌توجه این است که با توجه به این‌که ایستگاه هواشناسی تنها در شهرهای زابل و زهک وجود داشت، بنابراین برای بررسی رابطه بین نرخ گرد و غبار حمل شده و پارامترهای اقلیمی از اطلاعات این دو شهر استفاده شد. برای رسم نمودارهای گلباد از نرم‌افزارها WRPLOT نسخه شماره ۷ و Wind Saba استفاده شد.

نمونه‌ها پس از جمع‌آوری، نمونه‌ها با دقت ۰/۰۱ توزین و نرخ گرد و غبار حمل شده بر اساس واحد گرم بر مترمربع بر فصل گزارش شد. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۰ رسم شدند. جهت بررسی تغییرات فصلی و مکانی بین نرخ گرد و غبار حمل شده ایستگاه‌های نمونه‌برداری، از نرم‌افزار SPSS نسخه شماره ۲۰ استفاده گردید. از آزمون مقایسه میانگین به روش LSD در سطح احتمال ۹۵ درصد انجام و همچنین برای بررسی

جدول ۱- میانگین فصلی برخی پارامترهای اقلیمی در دشت سیستان.

Table 1. Seasonal average of some climatic parameters in the Sistan plain.

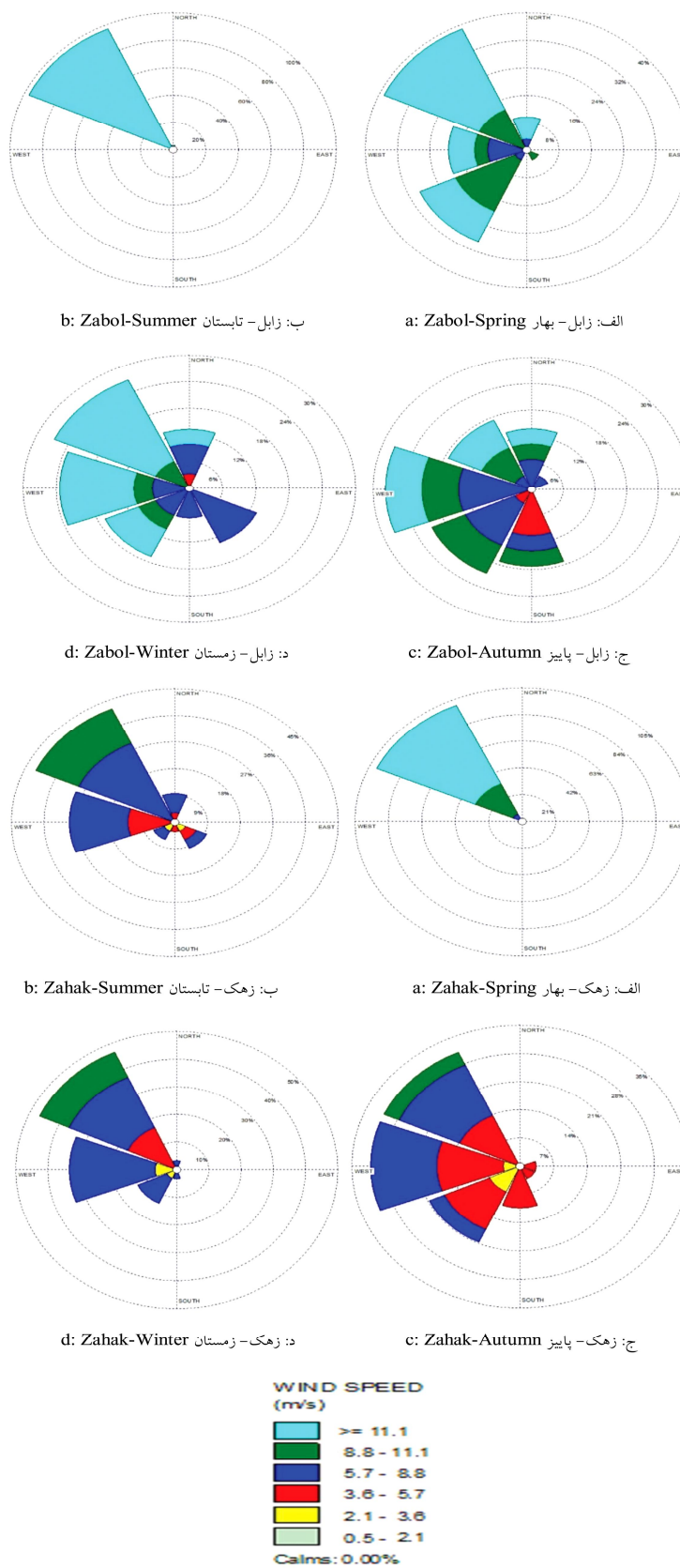
| عمق ۵ سانتی متری (5 cm) | مجموع (Total) | میانگین (Mean) | میانگین (Mean) | رطوبت نسبی (%) (RH) | | | درجه حرارت (°C) (Temperature) | | | سرعت باد (m/s) (Wind Speed) | | | فصل (Season) | ایستگاه (Station) |
|----------------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------------|-----------------|-------------------|----------------------------------|-----------------|-------------------|--------------------------------|-----------------|---------------------|-----------------|----------------------|
| | | | | حداقل (Min) | حداکثر (Max) | میانگین (Mean) | حداقل (Min) | حداکثر (Max) | میانگین (Mean) | حداقل (Min) | حداکثر (Max) | | | |
| 28.87 | 4.03 | 14.15 | 29.82 | 15.00 | 44.63 | 30.38 | 20.90 | 39.87 | 7.12 | 2.62 | 11.61 | بهار (Spring) | زابل (Zabol) | |
| 34.51 | 0.00 | 24.89 | 17.33 | 11.33 | 23.33 | 34.35 | 27.73 | 40.97 | 11.41 | 5.86 | 16.96 | تابستان (Summer) | | |
| 20.09 | 2.83 | 6.62 | 39.33 | 23.00 | 55.67 | 18.25 | 10.60 | 25.90 | 5.90 | 1.50 | 10.30 | پاییز (Autumn) | | |
| 14.50 | 11.97 | 3.73 | 48.67 | 28.67 | 68.67 | 13.42 | 5.53 | 21.30 | 4.86 | 1.07 | 8.65 | زمستان (Winter) | زهک (Zahak) | |
| 31.93 | 9.20 | 12.96 | 27.67 | 15.00 | 40.33 | 28.55 | 20.40 | 36.70 | 4.50 | 2.17 | 6.83 | بهار (Spring) | | |
| 37.37 | 0.00 | 22.51 | 15.00 | 9.33 | 20.67 | 33.83 | 26.90 | 40.77 | 9.19 | 6.46 | 11.91 | تابستان (Summer) | | |
| 18.95 | 6.13 | 6.47 | 37.50 | 22.67 | 52.33 | 18.48 | 10.67 | 26.30 | 4.13 | 1.81 | 6.46 | پاییز (Autumn) | | |
| 13.64 | 21.63 | 4.01 | 47.50 | 27.67 | 67.33 | 13.85 | 6.13 | 21.57 | 3.12 | 1.13 | 5.11 | زمستان (Winter) | | |

نتایج و بحث

همان‌طور که ملاحظه می‌شود (شکل ۳) بر اساس گلبادهای فصلی رسم شده باد غالب منطقه، باد شمال غربی تا شمال در هر دو ایستگاه سینوپتیک زابل و زهک می‌باشد. پیش‌تر نیز پژوهشگران دیگر نیز به این موضوع اشاره کرده‌اند (۱۳، ۱۸، ۱۷).

در جدول ۲ برخی از خصوصیات آماری نرخ گرد و غبار حمل شده شهرهای مورد مطالعه در دشت سیستان (زابل، زهک، هیرمند، هامون و نیمروز) در طول فصول نمونه‌برداری ارائه شده است. جدول نشان می‌دهد که میانگین و مجموع سالانه نرخ گرد و غبار حمل شده در سال ۱۳۹۴ در دشت سیستان به ترتیب برابر ۳۳۸/۸۵ و ۶۷۷۷/۰۳ گرم بر مترمربع بر فصل بوده است.

مطابق جدول ۲، از نظر مکانی ملاحظه می‌شود که به‌طور متوسط بیش‌ترین و کم‌ترین گرد و غبار به ترتیب در فصل بهار و تابستان از روی شهرهای هیرمند (۸۶۴/۰۴ و ۹۸۹/۲۴ گرم بر مترمربع بر فصل) و هامون (۱۵۰/۹۶ و ۱۹۷/۴۹ گرم بر مترمربع بر فصل) عبور می‌کنند. در فصل پاییز و زمستان نیز به‌طور متوسط بیش‌ترین و کم‌ترین گرد و غبار به ترتیب از روی شهرهای نیمروز (۵۱۷/۹۶ و ۲۱۷/۳۳ گرم بر مترمربع بر فصل) و هامون (۶۲/۶۸ و ۷۱/۶۶ گرم بر مترمربع بر فصل) عبور می‌کنند. نکته قابل‌توجه این است که در همه شهرهای مورد مطالعه عمدتاً بیش‌ترین میزان گرد و غبار جمع‌آوری شده در رسوبگیرهایی که در موقعیت جغرافیایی شمال‌غربی آن شهر نصب بودند، مشاهده شد.



شکل ۳- گلبادهای فصلی رسم شده برای شهرهای زابل و زهك در سال ۱۳۹۴.
 Figure 3. Seasonal wind rose plots for Zabol and Zahak cities in 2015-2016.

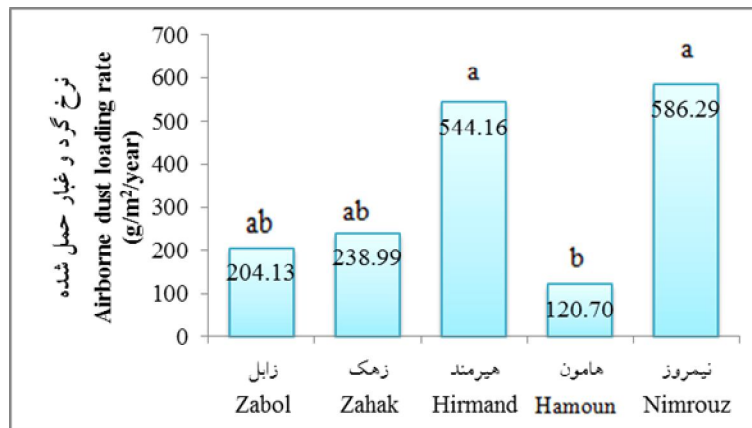
جدول ۲- خصوصیات آماری فصلی نرخ حمل گرد و غبار (گرم بر مترمربع بر فصل) در شهرهای مورد مطالعه.

Table 2. Statistical characteristics of Seasonal dust loading rate (g/m²/Season) over the studied cities.

| انحراف معیار (SD) | حداقل (Min) | حداکثر (Max) | میانگین فصلی (Mean Season) | شهرستان (City) | فصل (Season) |
|----------------------|----------------|-----------------|-------------------------------|---------------------|---------------------|
| 14.61 | 46.00 | 585.19 | 213.54 | زابل (Zabol) | |
| 18.18 | 23.00 | 750.62 | 330.49 | زهک (Zahak) | |
| 29.40 | 234.43 | 1436.66 | 864.04 | هیرمند (Hirmand) | بهار (Spring) |
| 12.29 | 42.46 | 357.40 | 150.96 | هامون (Hamoun) | |
| 22.51 | 93.77 | 1632.61 | 756.66 | نیمروز (Nimrouz) | |
| 19.29 | 137.12 | 864.00 | 372.27 | زابل (Zabol) | |
| 20.47 | 107.34 | 831.86 | 418.98 | زهک (Zahak) | |
| 31.45 | 544.94 | 1357.63 | 989.24 | هیرمند (Hirmand) | تابستان (Summer) |
| 14.05 | 51.90 | 451.17 | 197.49 | هامون (Hamoun) | |
| 29.21 | 376.27 | 1538.39 | 853.19 | نیمروز (Nimrouz) | |
| 8.16 | 1.77 | 150.39 | 66.55 | زابل (Zabol) | |
| 10.63 | 6.19 | 246.37 | 113.02 | زهک (Zahak) | |
| 14.49 | 120.75 | 347.66 | 209.98 | هیرمند (Hirmand) | پاییز (Autumn) |
| 7.92 | 34.50 | 100.41 | 62.68 | هامون (Hamoun) | |
| 22.76 | 24.77 | 1393.75 | 517.96 | نیمروز (Nimrouz) | |
| 12.81 | 39.81 | 499.82 | 164.15 | زابل (Zabol) | |
| 9.67 | 23.00 | 230.01 | 93.48 | زهک (Zahak) | |
| 10.65 | 29.19 | 221.16 | 113.36 | هیرمند (Hirmand) | زمستان (Winter) |
| 8.47 | 71.66 | 102.62 | 71.66 | هامون (Hamoun) | |
| 14.74 | 1.77 | 481.25 | 217.33 | نیمروز (Nimrouz) | |

مدلتون (۱۹۸۶)، نگارش و لطیفی (۲۰۰۹) و راشکی و همکاران (۲۰۱۳ و ۲۰۱۵) به این نکته اشاره داشتند (۱۰، ۱۳، ۱۸، ۱۹) که مهم‌ترین رخساره‌های برداشت گرد و غبار در منطقه سیستان، عرصه‌های شور و پف‌کرده بستر تالاب هامون می‌باشد (شکل ۵).

همچنین مطابق شکل ۴، از نظر مکانی ملاحظه می‌شود که به‌طور متوسط بیش‌ترین و کم‌ترین گرد و غبار به‌ترتیب از روی شهرهای نیمروز (۵۸۶/۲۹) گرم بر مترمربع (فصل) و هامون (۱۲۰/۷۰) گرم بر مترمربع (بر فصل) عبور می‌کنند. پژوهشگران زیادی نظیر



شکل ۴- میانگین سالانه نرخ گرد و غبار حمل شده در شهرهای مورد مطالعه دشت سیستان.

Figure 4. Annual average of airborne dust loading rate over the studied cities in the Sistan plain.

جهت وزش باد غالب (شمال‌غربی) منطقه مطرح نمود. لازم به ذکر است که فاصله کمی نیمروز تا تالاب هامون ۱۲ کیلومترمربع، هیرمند ۱۷/۵ کیلومترمربع، هامون ۲۰ کیلومترمربع، زابل ۲۳ کیلومترمربع و زهک ۴۸/۵ کیلومترمربع می‌باشند.

بنابراین بیش‌تر بودن رسوبات در شهرهای هیرمند و نیمروز نسبت به سایر شهرهای منطقه سیستان، به‌دلیل نزدیک بودن به منبع برداشت رسوبات گرد و غبار، یعنی تالاب‌های هامون و سطح زیاد منطقه برداشت در جهت باد غالب و عدم پوشش بیولوژیک یا غیربیولوژیک (گیاه و آب) در تالاب‌ها (شکل ۵) در



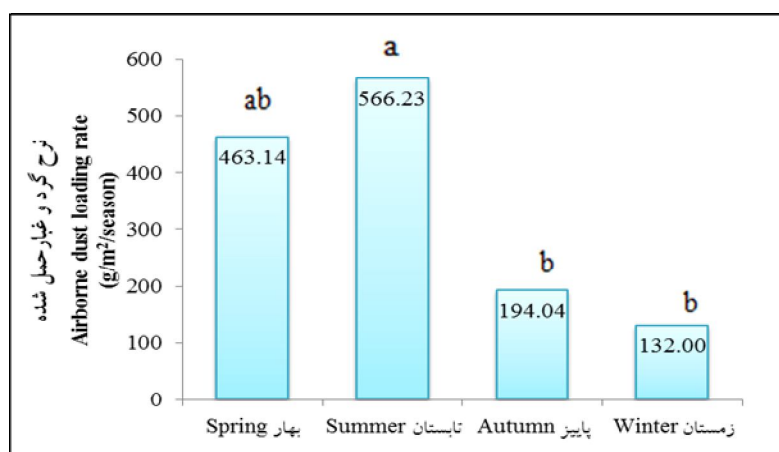
شکل ۵- بستر خشک تالاب هامون.

Figure 5. Dry bed of Hamoun wetland.

همچنین شهرهای نیمروز، زابل و زهک تقریباً در یک دالان بادی (مسیر باد غالب منطقه) قرار دارند. با دور شدن از تالاب میزان گرد و غبار حمل شده در زابل نسبت به نیمروز کاهش می‌یابد ولی در زهک این میزان نسبت به زابل افزایش دارد (با وجود این که زهک فاصله بیش‌تری تا تالاب‌ها دارد). این موضوع نشان می‌دهد که اراضی فرسایش یافته (یا تحت تأثیر فرسایش) در دشت سیستان نیز به‌عنوان بخشی از منشأ گرد و غبار حمل شده هستند. بنابراین به‌صورت مشخص نمی‌توان گفت برای شهرهایی هم‌چون زابل و به‌خصوص زهک، که این گرد و غبار حمل شده تنها از بستر تالاب منشأ می‌گیرند و فرسایش در دشت نقشی در میزان گرد و غبار حمل شده نداشته است.

از نظر زمانی ملاحظه می‌شود (شکل ۶) که فصل تابستان (۵۶۶/۲۳ گرم بر مترمربع بر فصل) دارای بیش‌ترین توزیع نرخ گرد و غبار حمل شده می‌باشد و کم‌ترین توزیع نرخ گرد و غبار حمل شده نیز مربوط به فصل زمستان (۱۳۲ گرم بر مترمربع بر فصل) می‌باشند. راشکی و همکاران (۲۰۱۲) نیز به افزایش گرد و غبار به‌صورت محسوس در تابستان در دشت سیستان اشاره می‌کنند (۲۰).

راشکی و همکاران (۲۰۱۵) بیان نمودند که مقدار گرد و غبار حمل شده منطقه سیستان در درجه اول به‌شدت و مدت حمل و در درجه دوم به سرعت باد و فاصله از منبع گرد و غبار بستگی دارد (۱۸). همچنین تا و همکاران (۲۰۰۴) معتقدند میزان گرد و غبار و اندازه ذرات موجود در هوا ممکن است به‌طور قابل‌توجهی با کاهش بارندگی و پوشش گیاهی و افزایش سرعت باد تغییر کند (۲۳). کم بودن نرخ گرد و غبار حمل شده در شهر هامون در همه فصول مورد مطالعه نسبت به سایر شهرهای مورد مطالعه منطقه سیستان، می‌تواند به‌دلیل فاصله این شهر از منبع برداشت و مهم‌تر از آن قرار نگرفتن این شهر در مسیر دالان گرد و غبار (به‌دلیل وجود کوه‌هایی در مسیر باد غالب منطقه) باشد (شکل ۱). به‌نظر می‌رسد که به‌خصوص در مورد شهر زابل علاوه بر فاصله از مرکز برداشت گرد و غبار (تالاب هامون)، شرایط شهری، معماری، تراکم و ارتفاع ساختمان‌ها بر کاهش مقدار رسوبات جمع‌شده در تله‌های رسوبگیر مؤثر باشند. چنان‌که حیدرئزاد و رنجبرفردوئی (۲۰۱۶) نیز بیان داشتند که در برخی نقاط توسعه شهرسازی باعث کاهش شدت پدیده گرد و غبار شده است (۶).



شکل ۶- میانگین فصلی نرخ گرد و غبار حمل شده از روی شهرهای دشت سیستان.

Figure 6. Seasonal average of airborne dust loading rate over the studied cities Sistan plain.

میانگین‌های تبخیر، بارندگی و میانگین دمای خاک در عمق ۵ سانتی‌متر طی دوره نمونه‌برداری شده رسم شده است. با توجه به این‌که شدت تخریب در منطقه سیستان بسیار بالا بوده و از طرف دیگر به‌نظر می‌رسد که بادهای با سرعت‌های کم‌نظیر حاوی گرد و غبار هستند، بنابراین سرعت کمینه ارائه شد.

در شکل ۷ نمودارهای همبستگی بیشینه، کمینه و میانگین سرعت باد با نرخ گرد و غبار حمل شده نشان می‌دهد که همبستگی بالا و معنی‌دار بین پارامترهای مذکور وجود دارد. به این معنی که با افزایش بیشینه، کمینه و میانگین سرعت باد در منطقه مورد مطالعه، نرخ گرد و غبار حمل شده نیز افزایش می‌یابد. نوروزی و خادمی (۲۰۱۵) در اصفهان و الحربی (۲۰۱۵) در کویت در ماه‌هایی که میزان بادهای حاوی گرد و غبار زیاد بودند، بالاترین نرخ فرونشست گرد و غبار را گزارش دادند (۱۳، ۱۵). کاسکائوتیس و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه خود بیان داشتند که بین سرعت باد و نرخ فرونشست گرد و غبار رابطه مستقیم وجود دارد و با افزایش سرعت باد، نرخ فرونشست گرد و غبار افزایش می‌یابد و با کاهش سرعت باد، نرخ فرونشست گرد و غبار کاهش می‌یابد (۹). همان‌طور که پیش‌تر نیز اشاره شد، پژوهشگران در منطقه سیستان نقش بادهای ۱۲۰ روزه را در ایجاد پدیده گرد و غبار به‌عنوان عاملی کلیدی می‌دانند (۷، ۱۸، ۲۰) که نتایج همبستگی تأییدکننده این مسأله می‌باشد.

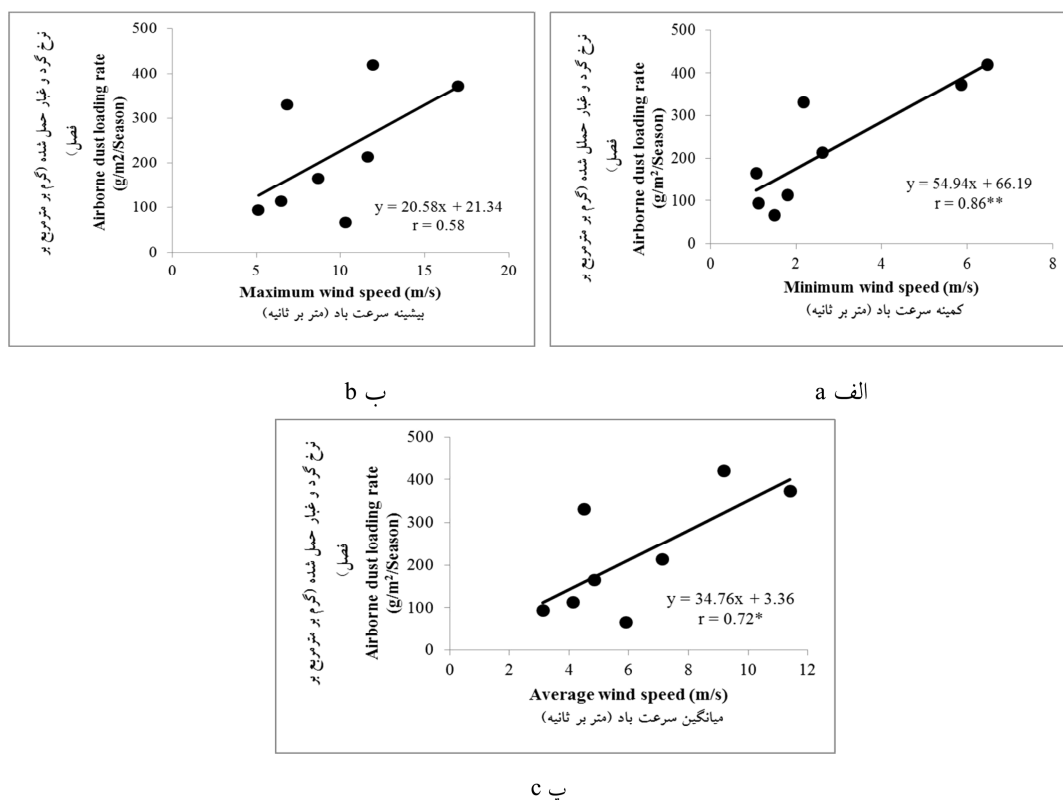
نمودارهای همبستگی بیشینه، کمینه و میانگین درجه حرارت با نرخ بارگرد و غبار حمل شده (شکل ۸) نشان می‌دهد که همبستگی بالا و معنی‌دار بین پارامترهای مذکور وجود دارد. به این معنی که با افزایش بیشینه، کمینه و میانگین درجه حرارت در منطقه مورد مطالعه، نرخ گرد و غبار حمل شده نیز افزایش می‌یابد. جمالی‌زاده و همکاران (۲۰۰۸) دمای

همان‌طور که بیان شد در طی فصل تابستان میانگین نرخ گرد و غبار حمل شده در دشت سیستان در تابستان به‌صورت معنی‌داری از فصول پاییز و زمستان بیش‌تر بود ولی با میانگین نرخ گرد و غبار حمل شده در بهار اختلاف معنی‌داری نشان نداد. یکی از دلایل این امر وزش بادهای ۱۲۰ روزه منطقه سیستان می‌باشد (۱۸). این بادهای قابل‌توجه‌ترین ویژگی‌های سیستان هستند که به‌طور مداوم از اواسط اردیبهشت‌ماه تا اواخر شهریورماه ادامه دارند و بر خصوصیات زیست‌محیطی، سلامت و اقتصاد در منطقه سیستان اثر می‌گذارد (۱). از دیگر فاکتورهای بسیار مهم و تعیین‌کننده فرسایش و هدررفت خاک در منطقه، می‌توان به رطوبت خاک و مقدار پوشش گیاهی مستقر در سطح خاک می‌باشند. رطوبت و پوشش گیاهی از ابعاد مختلف می‌توانند باعث کاهش فرسایش خاک گردند (۱۴). بر اساس آمار ایستگاه‌های سینوپتیک شهرهای زابل و زهک (جدول ۱) می‌توان بیان کرد که وابستگی منطقه سیستان به آب رودخانه هیرمند، دارا بودن خاک آبرفتی با لایه‌های متناوب ماسه و رس، وزش بادهای ۱۲۰ روزه، پایین بودن ریزش‌های جوی، دما و تبخیر بالا، فقر پوشش گیاهی و بروز خشکسالی‌های اخیر منطقه را به‌صورت عرصه‌ای مناسب برای حرکت ماسه‌های روان تبدیل نموده است (۱۱). همچنین، با توجه به بیش‌تر بودن میانگین نرخ بار غبارات اتمسفری در فصل تابستان نسبت به سایر فصول می‌توان به‌عواملی هم‌چون خشک‌تر بودن خاک (عدم حضور آب در تالاب‌های هامون) و عدم وجود پوشش گیاهی در سطح زمین را از جمله عوامل مؤثر بر انتقال مقادیر بیش‌تری از ذرات خاک به هوا در این فصل اشاره نمود (۱۹، ۹).

در شکل‌های ۷ تا ۹ نمودارهای بین نرخ گرد و غبار حمل شده در هر ماه با بیشینه، کمینه و میانگین سرعت باد، درجه حرارت، رطوبت نسبی و

۱۵). کاسکائوتیس و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه خود بیان داشتند که بین درجه حرارت و نرخ فرونشست گرد و غبار رابطه مستقیم وجود دارد و با افزایش درجه حرارت، نرخ فرونشست گرد و غبار افزایش می‌یابد و با کاهش آن، نرخ فرونشست گرد و غبار کاهش می‌یابد (۹).

هوا را از عوامل مؤثر بر شدت گرد و غبار در دشت سیستان می‌دانند (۷). افزایش درجه حرارت در منطقه مورد مطالعه به‌طور طبیعی با کاهش میزان رطوبت نسبی و بارندگی در فصول گرم سال مرتبط است. نوروزی و خادمی (۲۰۱۵) در مطالعه خود در شهر اصفهان بیان داشتند که نرخ فرونشست گرد و غبار با دمای حداقل و حداکثر رابطه مثبت و معنی‌دار دارد

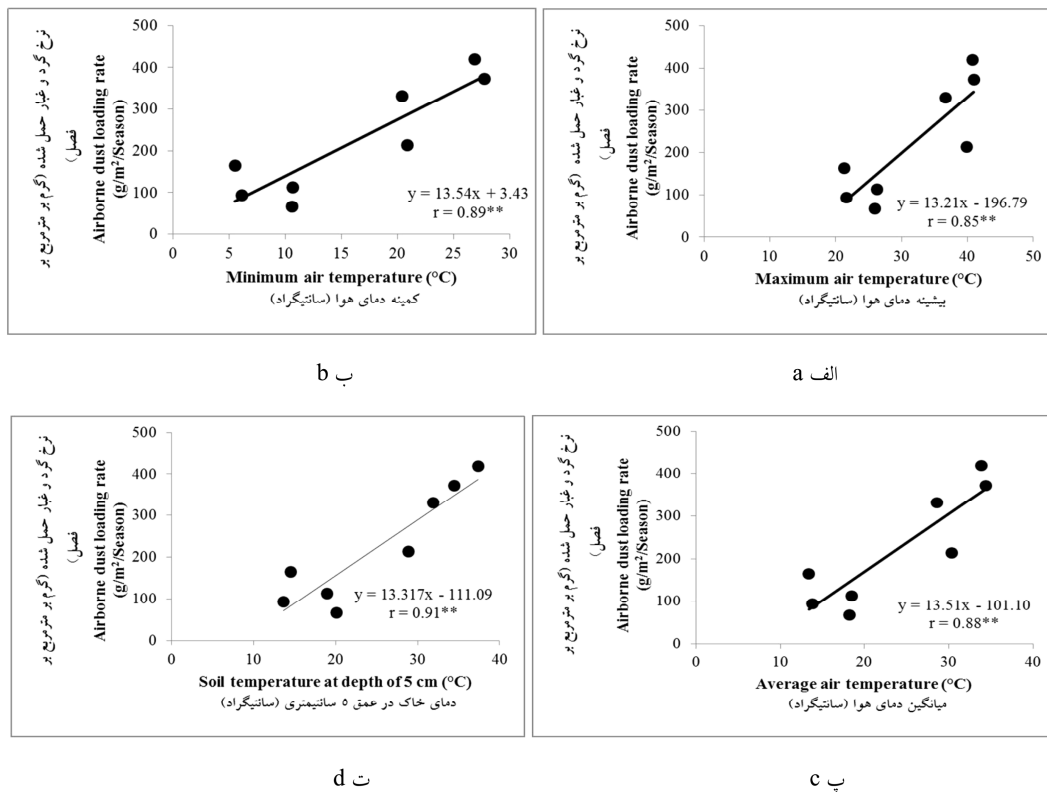


شکل ۷- همبستگی میان نرخ گرد و غبار حمل شده با الف: بیشینه، ب: کمینه و پ: میانگین سرعت باد.

Figure 7. Correlation between airborne dust loading rate and a: maximum, b: minimum, c: average of wind speed.

مثبت و معنی‌داری وجود دارد. این نتیجه نامساعد بودن شرایط بیولوژیکی و رطوبتی خاک و در نتیجه افزایش فرسایش و گرد و غبار را نشان می‌دهد.

نمودار همبستگی میانگین دمای خاک در عمق ۵ سانتی‌متر با نرخ گرد و غبار حمل شده (شکل ۸) نیز نشان می‌دهند که بین میانگین دمای خاک در عمق ۵ سانتی‌متر با نرخ گرد و غبار حمل شده، همبستگی



شکل ۸- همبستگی میان نرخ گرد و غبار حمل شده با الف: بیشینه، ب: کمینه و پ: میانگین درجه حرارت و ت: میانگین دمای خاک در عمق ۵ سانتی متر.

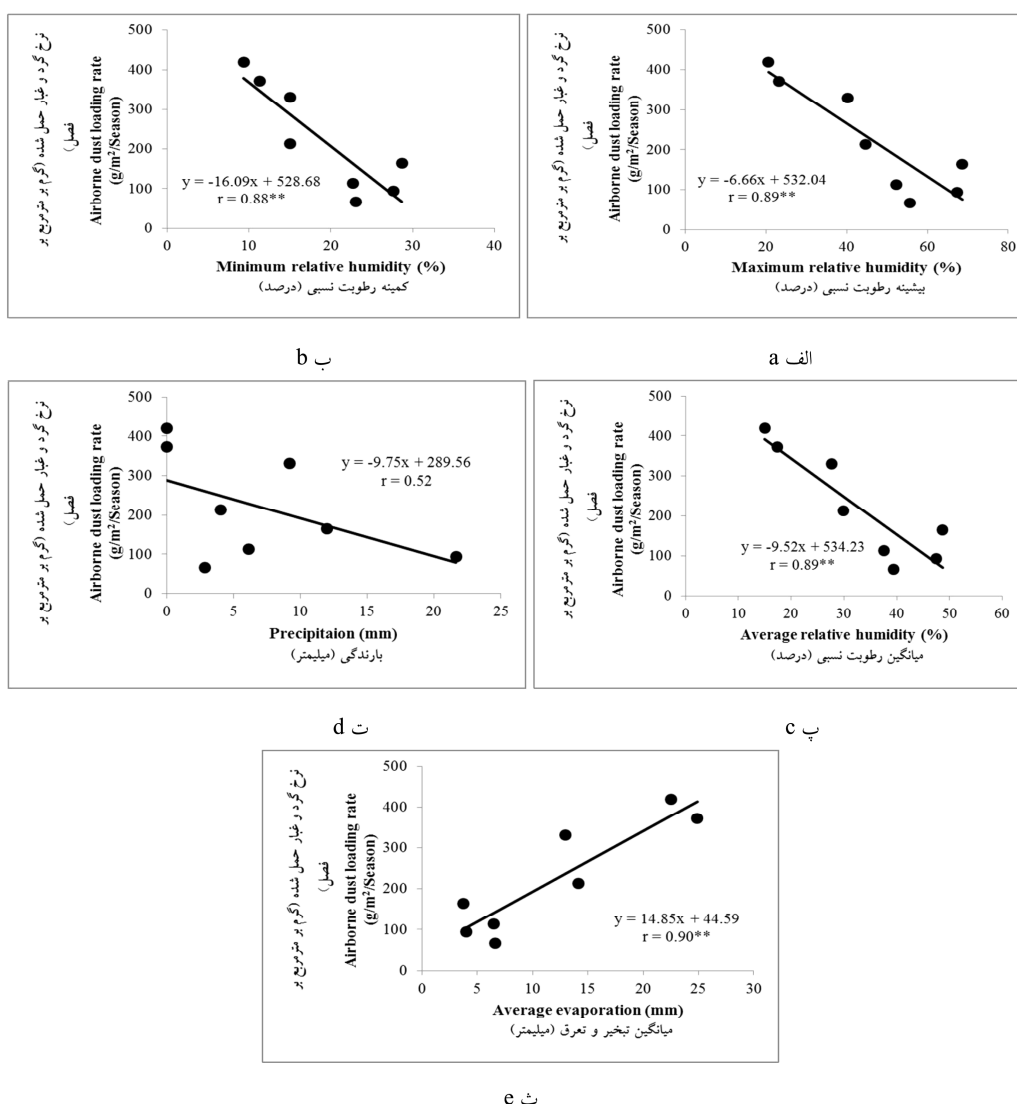
Figure 8. Correlation between airborne dust loading rate and a: maximum, b: minimum, c: average of air temperature and d: average soil temperature at depth of 5 cm.

هیدرولوژیکی منطقه به بارندگی‌ها در افغانستان و انتقال آن توسط رودخانه هیرمند به دشت سیستان است. ریس و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای در جنوب غرب آمریکا بیان داشتند که نرخ فرورنشست گرد و غبار با افزایش رطوبت نسبی کاهش می‌یابد (۲۲). میدلتون (۱۹۸۶) در مطالعه خود بیان داشت که با کاهش میزان بارندگی نرخ فرورنشست گرد و غبار افزایش می‌یابد (۱۰). تا و همکاران (۲۰۰۴) نیز نتیجه گرفتند که رابطه معکوسی میان بارندگی و نرخ فرورنشست گرد و غبار وجود دارد و در یک سرعت مشخص باد، با افزایش بارندگی نرخ بار گرد و غبار حمل شده کاهش چشم‌گیری پیدا می‌کند (۲۳). ندافی و همکاران (۲۰۰۶) با مطالعه نرخ فرورنشست

همان‌طور که در شکل ۹ ملاحظه می‌شود که با افزایش بیشینه، کمینه و میانگین رطوبت نسبی و همچنین افزایش بارندگی، نرخ گرد و غبار حمل شده کاهش چشم‌گیری پیدا می‌کند. ضرایب همبستگی بالا در خلاف جهت این پارامترها با نرخ گرد و غبار حمل شده بیانگر این مطلب است که تأثیر رطوبت نسبی بر کاهش میزان گرد و غبار فرورنشسته بر سطح اجتناب‌ناپذیر است. اگر هوای ناپایدار از رطوبت کافی برخوردار باشد، بارندگی، طوفان و رعد و برق را ایجاد می‌کند و اگر فاقد رطوبت باشد، باعث ایجاد طوفان گرد و غبار می‌شود (۲۱). معنی‌دار نشدن همبستگی میزان بارندگی با نرخ گرد و غبار حمل شده به دلیل بارندگی بسیار کم منطقه و وابستگی

گرد و غبار در یزد به این نتیجه رسیدند که بین نرخ فرودنشست گرد و غبار و میزان بارندگی همبستگی معنی‌داری وجود دارد و با کاهش بارندگی، نرخ فرودنشست گرد و غبار افزایش می‌یابد (۱۲). راشکی و همکاران (۲۰۱۳) معتقدند که شرایط حضور آب در تالاب‌های هامون نقش مهمی در تغییرات میزان گرد و غبار در منطقه دارد (۱۹). نوروزی و خادمی (۲۰۱۵) در مطالعه خود در شهر اصفهان بیان داشتند

که نرخ فرودنشست گرد و غبار با مقدار بارندگی و رطوبت نسبی همبستگی منفی و معنی‌دار نشان می‌دهد (۱۵). الحربی (۲۰۱۵) در کویت در ماه‌هایی که میزان رطوبت نسبی کم بودند، بالاترین نرخ فرودنشست گرد و غبار را گزارش داد و همچنین در ماه‌هایی که بارندگی زیاد بود، کم‌ترین نرخ فرودنشست گرد و غبار را گزارش داد (۳).



شکل ۹- همبستگی میان نرخ گرد و غبار حمل شده با پارامترهای هیدرولوژیکی (الف: بیشینه، ب: کمینه، پ: میانگین رطوبت نسبی، ت: بارندگی و ث: میانگین تبخیر و تعرق).

Figure 9. Correlation between airborne dust loading rate and hydrological parameters (a: maximum, b: minimum, c: average of relative humidity, d: precipitation, e: average evaporation).

میزان گرد و غبار حمل شده فصل تابستان بالاترین میزان و در فصل زمستان این مقدار کاهش می‌یابد که این امر نقش عوامل اقلیمی بر نرخ گرد و غبار حمل شده را نشان می‌دهد.

نتایج بیانگر این موضوع است که شرایط اقلیمی (بارندگی کم و تبخیر و تعرق بالا) در اراضی پست سیستان باعث شور شدن و تخریب خاک شده و خشکسالی‌های اتفاق افتاده و به دنبال آن خشک شدن تالاب هامون در سال‌های اخیر باعث افزایش توان دشت سیستان برای تولید گرد و غبار شده است. حضور بادهای شدید موسمی در این شرایط باعث فرسایش بادی خاک و بروز طوفان‌های گرد و غبار در مناطق وسیعی از استان سیستان و بلوچستان و استان‌های مجاور شده است. بنابراین به منظور کاهش خسارت بهداشتی و اقتصادی ناشی از گرد و غبار نشأت گرفته از کشور افغانستان و تالاب‌های هامون، نیاز به برنامه‌ریزی و مدیریت جدی در راستای حفاظت خاک در منطقه ضروری به نظر می‌رسد.

نمودار همبستگی میانگین تبخیر با نرخ گرد و غبار حمل شده (شکل ۸) نیز نشان می‌دهند که بین میانگین تبخیر و نرخ گرد و غبار حمل شده، همبستگی قوی و معنی‌داری وجود دارد. نوروزی و خادمی (۲۰۱۵) در مطالعه خود در شهر اصفهان بیان داشتند که نرخ فرونشست گرد و غبار با تبخیر رابطه مثبت و معنی‌دار دارد (۱۵). کاسکائوتیس و همکاران (۲۰۱۶) نیز در مطالعه خود بیان داشتند که بین تبخیر و نرخ فرونشست گرد و غبار رابطه مستقیم وجود دارد و با افزایش تبخیر، نرخ فرونشست گرد و غبار افزایش می‌یابد و با کاهش تبخیر، نرخ فرونشست گرد و غبار کاهش می‌یابد (۹).

نتیجه‌گیری

نرخ گرد و غبار حمل شده در بهار و تابستان در شهر هیرمند و در پاییز و زمستان در شهر نیمروز بیش‌ترین مقدار بود و در همه فصول شهر هامون کم‌ترین مقدار را دارا بود. به نظر می‌رسد از عوامل اصلی این تغییرات مکانی فاصله از منبع برداشت رسوبات گرد و غبار (تالاب‌های هامون) می‌باشد.

منابع

1. Afrasiab, P., and Delbari, M. 2013. Assessing the risk of soil vulnerability to wind erosion through conditional simulation of soil water content in Sistan plain, Iran. *Environment Earth Science*. 70: 2895-2905.
2. Ahmed, H. 2006. *Applied Geomorphology; Volume II: Desert- Wind erosion*. University of Tehran Publication, Tehran, 706p. (In Persian)
3. AL-Harbi, M. 2015. Characteristics and composition of the falling dust in urban environment. *Inter. J. Environ. Sci. Technol.* 12: 641-652.
4. Engelstaedler, S., Tegen, I., and Washington, R. 2006. North African dust emissions and transport. *Foundations of Earth Science*. 79: 73-100.
5. Goudie, A.S., and Middleton, N.J. 2001. Saharan dust storms: nature and consequences. *Foundations of Earth Science*. 56: 179-204.
6. Heidarnajad, S., and Ranjbar fardoie, A. 2016. Statistical analysis of dust phenomenon in Lorestan province (2001-2010 period). *First International Conference on Dust*, Shahid Chamran University of Ahvaz, Pp: 139-150. (In Persian)
7. Jamalizadeh, M.R., Moghaddamia, A., Piri, J., Arbabi, V., Homayounifar, M., and Shahryari, A. 2008. Dust storm prediction using ANNs technique (A case study: Zabol city). *Proceeding of World Academy of Science, Engineering and Technology*. 33: 529-537.

8. Karimdost, S., and Ardebili, L. 2010. Evaluation of dust phenomenon and its environmental impacts. The 14th Congress of the Geological Society of Iran and the 28th meeting of Earth Sciences, 25-27 September, Urmia University, 6p. (In Persian)
9. Kaskaoutis, D.G., Rashki, A., Houssos, E.E., Bartzokas, A., Francois, P., Legrand, M., and Kambezidis, H.D. 2016. The Caspian Sea-Hindu Kush Index (CasHKI): definition, meteorological influences and Dust activities over southwest Asia. The First of International Conference on Dust, 2-4 March 2016, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran.
10. Middleton, N.J. 1986. Dust storms in the Middle East. *J. Arid Environ.* 10: 83-96.
11. Miri, A., Ahmadi, H., Ekhtesasi, M.R., Panjehkeh, N., and Ghanbari, A. 2009. Environmental and socio-economic impacts of dust storms in Sistan Region, Iran. *Inter. J. Environ. Stud.* 66: 343-355.
12. Naddafi, N., Nabizadeh, R., Soltanianzadeh, Z., and Ehrampoosh, M.H. 2006. Evaluation of dustfall in the air of Yazd. *J. Environ. Health. Sci. Eng.* 3: 161-168.
13. Negaresh, H., and Latifi, L. 2009. Origination of Wind Deposits in the East of Zabol by Using of Morphoscopy and Physical & Chemical Analysis of Sediments. *Geography and Environmental Planning.* 1: 22. 1. (In Persian)
14. Nohtani, D. 2013. The impact of soil physical and chemical properties on soil erodibility for wind erosion and its mapping (Case study: Zahak). MSc thesis in Desertification, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, 176p. (In Persian)
15. Norouzi, S., and Khademi, A.H. 2015. Spatial and Temporal Variation in Dust Deposition Rate in Isfahan and its Relationship with Selected Climatic Parameters. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Sciences Soil and Water.* 72: 161-149. (In Persian)
16. Prospero, J.M., Ginoux, P., Torres, O., Nicholson, S.E., and Gill, T.E. 2002. Environmental characterization of global sources of atmospheric soil dust identified with the Nimbus 7 total ozone mapping spectrometer absorbing aerosol product. *Reviews of Geophysics.* 40: 2-31.
17. Purmand, S.A., Gholamalizade, A., and Dehvary, M. 2016. Sand Drift Potential by Wind in Shileh Plain of Sistan. *J. Water Soil.* 1: 29. 150-139. (In Persian)
18. Rashki, A., Kaskaoutis, D.G., Francois, P., Kosmopoulos, P.G., and Legrand, M. 2015. Dust-storm dynamics over Sistan region, Iran: Seasonality, transport characteristics and affected areas. *Aeolian Research.* 16: 35-48.
19. Rashki, A., Kaskaoutis, D.G., Goudie, A.S., and Kahn, R.A. 2013. Dryness of ephemeral lakes and consequences for dust activity: The case of the Hamoun drainage basin, Southeastern Iran. *Science of the Total Environment.* 463-464: 552-564.
20. Rashki, A., Kaskaoutis, D.G., Rautenbach, C.J., de, W., Eriksson, P.G., Qiang, M., and Gupta, P. 2012. Dust storms and their horizontal dust loading in the Sistan region, Iran. *Aeolian Research.* 5: 51-62.
21. Rasouli, A., Sarisaraf, B., and Mohammadi, G.H. 2010. Trends Analysis of dust occurrence in the Western of Iran in last 55 years using non-parametric statistics. *J. Physic. Geograph.* 9: 28-15. (In Persian)
22. Reheis, M.C., and Urban, F.E. 2011. Regional and climatic controls on seasonal dust deposition in the southwestern U.S. *Aeolian Research.* 3: 3-21.
23. Ta, W., Xiao, H., Qu, J., Xiao, Z., Yang, G., Wang, T., and Zhang, X. 2004. Measurements of dust deposition in Gansu Province, China, 1986-2000. *Geomorpholog.* 57: 41-51.
24. Weng, S., Uan, W.Y., and Shang, K. 2006. The impacts of different kinds of dust events on PM10 pollution in northern China. *Atmospheric Environmental.* 40: 7975-7982.
25. WHO. 2016. Air pollution Levels rising in many of the world's poorest cities. <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2016/airpollutionrising/en/>.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 23(6), 2017
<http://jwsc.gau.ac.ir>

Seasonal and spatial variability of airborne dust loading rate over the Sistan plain cities and its relationship with some climatic parameters

M. Danesh Shahraki¹, *A. Shahriari², M. Gangali³ and A. Bameri⁴

¹M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science, University of Zabol, ²Assistant Prof., Dept. of Soil Science, University of Zabol, ³Assistant Prof., Forest and Rangeland Division, Agriculture and Natural Resources Research and Education Center of Sistan, AREO, ⁴Lecturer, Dept. of Soil Science, University of Zabol

Received: 07/21/2016; Accepted: 11/21/2016

Abstract

Background and Objectives: Sistan plain has a high wind erodibility potential because of fine grain size in its alluvial deposits. These fine particles have a high potential to be removed with so called 120-day winds and cause numerous dust storms. Therefore, this study aimed to investigate seasonal variability of dust loading rate over some cities in the Sistan plain and its relationship with some climatic parameters from March 2015 to March 2016.

Materials and Methods: Twenty five Siphon dust samplers were installed in the five cities of Sistan plain including Zabol (7), Zahak (4), Nimrouz (4), Hirmand (5) and Hamoun (5) and the dusts were then collected and measured at the end of each season (Spring, Summer, Autumn and Winter) in 2015-2016. Seasonal climate data were taken from Zabol and Zahak meteorological synoptic stations including wind speed, air temperature, relative humidity, precipitation, evapotranspiration and average soil temperature at depth of 5 cm. Pearson correlation analysis were used to investigate seasonal and spatial variations of airborne dust loading rate and its relationship with climatic parameters.

Results: The results showed average and total annual airborne dust loading rate in studied cities were 338.85 (g/m²/yr) and 6777.03 (g/m²/yr), respectively. Hirmand city had the highest dust loading rate in the spring and summer and Nimrouz city had the highest rate in the autumn and winter. Hamoun city had the lowest dust loading rate in the all periods. The average of dust loading rate in the summer (566.23 g/m²/season) was greater than the average rates of autumn and winter, significantly. The average of dust loading rate showed significant positive correlation with wind speed, air temperature, soil temperature at a depth of 5 cm and evapotranspiration and also showed a significant negative correlation with relative humidity. The correlation between precipitation and dust loading rates were negative with no statistically significant.

Conclusion: According to the results, the most important factors effecting spatial and temporal variations of airborne dust loading rate in Sistan plain are distance from source of dust origin (Hamoun wetlands), the erodible area in the direction of prevailing wind and climatic factors that directly affected soil erosion and degradation, and hydrologic and ecologic conditions (presence of water in Hamoun wetlands and vegetation cover) in the region.

Keywords: Wind erosion, Dust storms, 120-day wind, Hamoun wetlands

* Corresponding Author; Email: shahriari.ali@uoaz.ac.ir

