مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره نهم، شماره بیست و سوم، بهار ۱۳۹۹
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۱۲/۱۹
تاریخ بازنگری نهایی مقاله: ۱۳۹۸/۰۳/۳۰
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۶/۲۳
صفحات: ۱۱۶ - ۹۹

بررسی برخی خصوصیات شیمیایی و میزان برخی عناصر غذایی همراه با گرد و غبار دشت سیستان

مسعود علی‌صوفی[۱]، علی شهریاری*[۲]

چکیده

تخریب اراضی یکی از مخاطرات جدی زیست بوم‌های طبیعی بخصوص در مناطق خشک زمین در اثر خشکسالی و فرسایش بادی است. خصوصیات گرد و غبار می‌توانند نشان‌دهنده میزان تخریب اراضی و سرزمین باشند. هدف از این تحقیق بررسی خصوصیات فیزیک وشیمیایی و مقادیر برخی عناصر غذایی همراه با گرد و غبار حمل شده در دشت سیستان است. به این منظور تعداد ۲۵ رسوبگیر نیم‌دوکی شکل در شهرهای منطقه سیستان نصب گردید و نمونه‌برداری این رسوبگیرها به صورت ماهیانه طی دوره طوفان‌های گرد و غبار منطقه از اردیبهشت تا پایان مهر ماه سال ۱۳۹۴ به صورت ماهانه انجام گرفت. از خاک سطحی مناطق تحت فرسایش یا مستعد فرسایش در تالاب‌های هامون (۲۰ نقطه) نمونه‌برداری انجام شد. سپس pH، EC، ماده آلی، بافت خاک و مقادیر عناصر غذایی خاک شامل: فسفر، پتاسیم، سدیم، کلسیم و منیزیم در نمونه‌ها مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. بیشترین میزان عناصر غذایی همراه با گرد و غبار در کل منطقه مربوط به کلسیم (با میانگین کل mg/kg ۷۰۰/۲۸)و کمترین مربوط به فسفر (با میانگین کل mg/kg ۳۳/۷۶) بود. بیشترین میانگین مجموع (فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و سدیم) عناصر غذایی (mg/kg ۴۶۱/۴۳) در گرد و غبار شهریور و کمترین (mg/kg ۳۵۳/۷۸) در خرداد مشاهده شد. در بین شهرهای مورد مطالعه بیشترین میزان ماده آلی، فسفر، پتاسیم و منیزیم در گرد و غبار حمل شده از روی شهرستان زابل (به ترتیب mg/kg ۲۵/۸۸، mg/kg ۴۵/۷۵، mg/kg ۳۶۵/۸ و mg/kg ۶۶۷/۳۲)، بیشترین مقدار کلسیم در شهر هامون (mg/kg ۸۱۳/۰۶) و سدیم در شهر نیمروز (mg/kg ۶۲۹/۴۸) مشاهده شد. بیشترین نسبت غنی‌شدن در کل مناطق مربوط به فسفر (۶/۰۰۲) و کمترین نسبت غنی‌شدن مربوط به سدیم (۰/۷۰۷) بود، که نسبت غنی‌شدن برای فسفر، پتاسیم و ماده‌آلی (مقادیر بالاتر از یک) نشان‌دهنده غنی شدن آن عنصر در گرد و غبار می‌باشد و هدر رفت و فرسایش انتخابی آن عنصر را از خاک‌های محل برداشت (منشأ گرد و غبار) نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که خاک بستر تالاب‌های هامون (مناطق مورد مطالعه) به لحاظ بافت مساعد فرسایش هستند و خصوصیات شیمیایی آن نشان‌دهنده شور و قلیایی شدن و از بین رفتن پوشش گیاهی می‌باشد. خصوصیات گرد و غبار حمل شده از روی شهرهای دشت سیستان نیز منعکس کننده شرایط منشأ برداشت این رسوبات بودند و گسترش تخریب اراضی در این مناطق را نشان می‌دهد.

واژگان کلیدی: طوفان‌های گرد و غبار، تخریب اراضی، عناصر غذایی خاک، تالاب‌های هامون.

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل masout69@yahoo.com
۲- استادیار گروه علوم خاک، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل shahriari.ali@uoz.ac.ir

مقدمه

طوفان‌های گرد و غبار یک فرآیند طبیعی در مناطق بیابانی و صحراهاست که در اثر عملکرد بادهای قوی بر سطح خاک رخ داده و سبب معلق شدن ذرات ریز خاک در فضای نزدیک سطح زمین می‌شود. باید توجه کرد که فعالیت انسانی نیز می‌توانند باعث تشدید گرد و غبار در اتمسفر شود (زوبک و آمانتارزکو، ۲۰۰۱). فرسایش بادی یک از جنبه‌های مهم تخریب اراضی در مناطق خشک ونیمه‌خشک محسوب می‌شود (کوپینگر و دیگران، ۱۹۹۱)، به طوری که حدود یک ششم مساحت اراضی دنیا را تحت تأثیر خود قرار داده است (اسکیدمور، ۲۰۰۰). تخریب سرزمین به معنای کاهش قابلیت منابع سرزمین در اثر فرایند یا ترکیبی از فرآیندهایی نظیر فرسایش تشدیدی خاک توسط آب یا باد، رسوبگذاری، کاهش میزان و تنوع پوشش گیاهی طبیعی، کاهش مواد مغذی خاک، افزایش خشکی و شوری و سدیمی شدن خاک است (ارنولد، ۱۹۹۲).

برای کاهش اثرات محیط زیستی و سلامتی گرد و غبار می‌بایست خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن را مورد بررسی قرار داد (راشکی و دیگران، ۲۰۱۳). رسوبات ناشی از خاک‌های فرسایش‌یافته براساس مقدار مواد و عناصر همراه خود اثرات متفاوتی بر محیط فرسایش، حمل و رسوبگذاری دارند. در اغلب موارد فرسایش تنها از نظر هدر رفت خاک در منطقه فرسایش دیده، پرشدن مخازن، از کار افتادگی سیستم‌های آبیاری و برنامه‌ریزی به‌منظور اقدامات آبخیزداری مهم می‌باشد (نور و دیگران، 2010). فرایندهای بادی نقش مهمی را در هدررفت عناصر غذایی بازی می‌کند و آسیب قابل توجهی روی بیابان‌زایی در مناطق خشک و نیمه خشک دارند (سودربرگ و کامپتون،۲۰۰۷؛ اوکین و دیگران، 2004؛ فرسنگ و دیگران، 2012). استوروگل و اسمالینگ (۱۹۹۰) هدر رفت سالانه عناصر غذایی را در بورکینافاسو به ترتیب ۱۰، ۱۴ و ۲ کیلو گرم بر هکتار برای پتاسیم، نیتروژن و فسفر برآورد کردند. برونینگ مدسن و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیقی که بر روی بادهای موسمی در کشور غنا انجام دادند مقادیر عناصر غذایی (فسفر، کلسیم، پتاسیم و منیزیم) اضافه‌شده به خاک از طریق بادهای موسمی را با مقادیری از این عناصر که از طریق بارندگی به خاک اضافه شده‌اند مقایسه کردند و نتیجه گرفتند که ورود عناصر بوسیله گرد و غبار برای کلسیم، منیزیم و پتاسیم مقادیر ۱۰ یا کمتر از ۱۰ درصد و برای فسفر تقریباً ۲۰ تا ۴۰ درصد نسبت به بارندگی محاسبه شد. مطالعات لانگ و دیگران (۲۰۱۵) نشان داد که نتیجه فرایندهای بادی خروج مقدار زیادی از عناصر غذایی از خاک می‌باشد و نتیجتاً خطر بیابان‌زایی را در اکوسیستم‌های خشک و نیمه خشک افزایش می‌دهد. دهمرده بهروز و دیگران (۲۰۱۷) با مطالعه یون‌های محلول همراه با گرد و غبار منطقه سیستان دریافتند که کاتیون‌های غالب آن عبارت از کلسیم، سدیم، پتاسیم، منیزیم و آمونیوم بودند و آنیون‌های غالب آن عبارت از کلرید، نیتریت، نیترات و سولفات بودند. این محققین نتیجه گرفتند که حضور این یون‌ها نشان‌دهنده وجود طوفان‌های گرد و غبار شور[1] در نتیجه وزش بادهای موسوم به یکصد و بیست روزه و یا لوار در دمای بسیار گرم تابستان موجب بالا آمدن و افزایش کانی‌های تبخیری در مناطق برداشت گرد و غبار می‌شود.

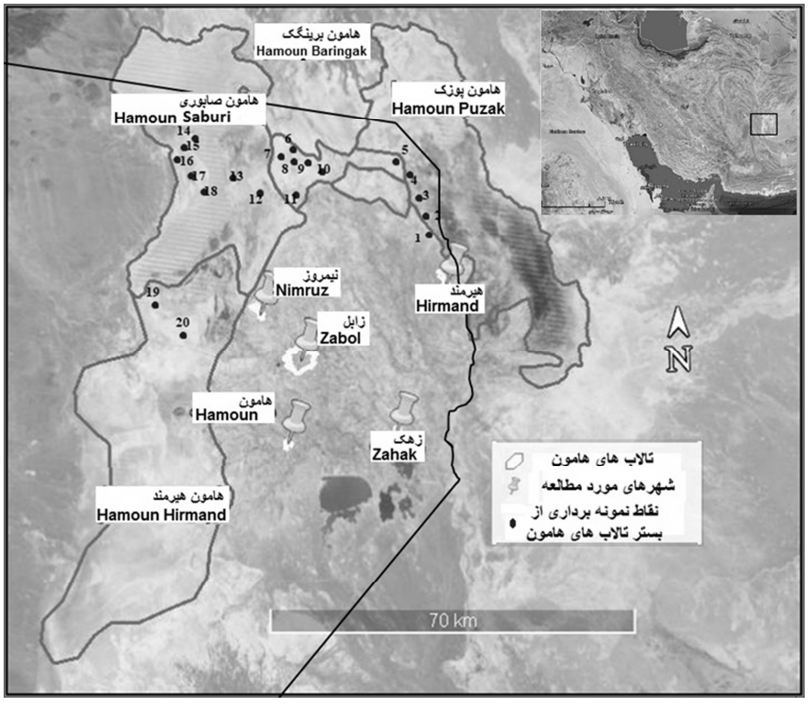
1- Saline Dust Storms

همانطور که پیش‌تر اشاره شد باد عامل اصلی در فرسایش بادی است. در بین بادهای محلی ایران، بادهای ۱۲۰ روزه سیستان شهرتی خاص دارند که در بخش شرقی ایران برای مدتی از سال حاکمیت می‌یابند (حسین‌زاده، ۱۳۷۶). این بادها از اوایل خرداد ماه تا اواخر شهریور ماه با جهت شمال غربی تا شمال شرقی در منطقه وسیعی از استان‌های سیستان و بلوچستان، خراسان جنوبی و خراسان رضوی می‌وزند و باعث بروز طوفان‌های شدید گرد و غبار در این مناطق می‌شوند (گندمکار و کیارسی، ۱۳۸۵).

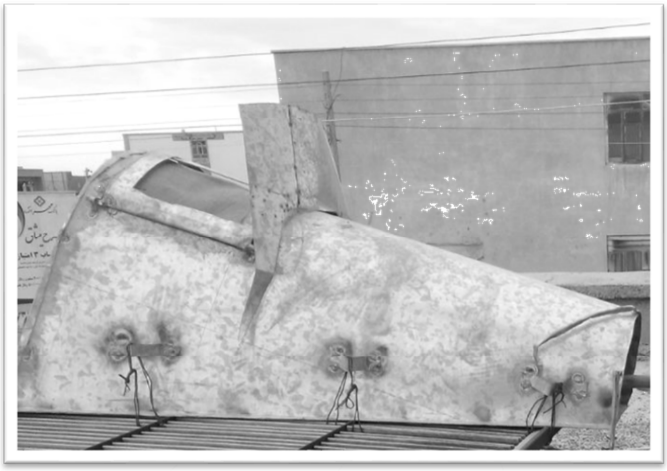
با توجه به خشکسالی‌های اخیر، از بین رفتن پوشش گیاهی و اهمیت فرسایش بادی در منطقه سیستان و اثر آن بر روی جابجایی عناصر غذایی و تخریب خاک در مناطق برداشت و فقدان اطلاعات در این زمینه، در این تحقیق تلاش شده است برخی خصوصیات شیمیایی و میزان برخی عناصر غذایی همراه گرد و غبار حمل شده از روی شهرهای واقع در دشت سیستان که منعکس کننده شرایط تخریب اراضی در مناطق منشأ (تالاب‌های هامون) گرد و غبار هستند، بررسی شود.

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در جنوب شرقی ایران و در شمال شرق دشت بزرگ سیستان و درجنوب غربی مرز مشترک ایران و افغانستان قرار دارد (شکل ۱) و از لحاظ موقعیت جغرافیایی بین°۱۵ '۶۱ تا °۵۱ '۶۱ طول شرقی و °۴۸ '۳۰ تا °۲۶ '۳۱ عرض شمالی واقع شده است (میرک‌زهی و همکاران،۲۰۱۸).



شکل ۱: موقعیت شهرهای مورد مطالعه و نقاط نمونه برداری از تالاب‌های هامون



شکل ۲: نمونه‌گیر استفاده شده در این تحقیق

داده ها

در این تحقیق از رسوبگیر نیم‌دوکی شکل (شکل۲) که شهریاری و دیگران (۲۰۱۶) در منطقه سیستان به طور موفقیت آمیزی مورد استفاده قراردادند، استفاده شد. به این منظور تعداد ۲۵ رسوبگیر بر روی پشت‌بام‌های منازل ویلایی و در ارتفاع تقریبی ۴ متری از سطح زمین در شهرستان‌های زابل (۷رسوب‌گیر)، زهک (۴ رسوب‌گیر)، هیرمند (۵ رسوب‌گیر)، نیمروز (۴ رسوب‌گیر) و هامون (۵ رسوب‌گیر) نصب گردید. نمونه‌برداری به صورت ماهیانه طی دوره طوفان‌های گرد و غبار منطقه از اردیبهشت سال ۱۳۹۴ به صورت ماهانه انجام شد. این نمونه‌های به عنوان گرد و غبار عبوری از منطقه در نظر گرفته می‌شوند. با توجه به اینکه در مطالعات متعددی تالاب‌های بین المللی هامون به عنوان منشأ گرد و غبار در دشت سیستان شناخته شده‌اند (راشکی و دیگران، ۲۰۱۳)، طی پیمایش‌های صحرایی در بستر خشک تالاب‌های هامون، از مناطقی که متأثر و یا مستعد فرسایش بادی بودند (۲۰ نقطه) از عمق ۵-۰ سانتیمتری خاک نمونه‌برداری انجام شد. وسعت تالاب هامون در مواقع پرآبی حدود ۴۸۰۰ کیلومتر مربع آورد شده است. ارتفاع دریاچه از سطح دریای آزاد ۴۸۰ متر می‌باشد. این دریاچه از شمال به کشور افغانستان، از شرق به شهرستان هیرمند، از جنوب به دو شهرستان نیمروز و هامون به دشت ماورای رودخانه شیله محدود شده و سه قسمت یا حوضچه بزرگ به نام‌های هامون پوزک، صابری و هامون هیرمند قابل تفکیک بوده که به ترتیب در شمال‌شرق، شمال و غرب سیستان می‌باشد (ضیاء توانا،۱۳۷۱).

بافت خاک به روش پیپت (کارشناسان ارزیابی خاک، ۲۰۰۴) اندازه‌گیری شد و به دلیل حجم کم گرد و غبار اردیبهشت و مهر توزیع اندازه ذرات گرد و غبار در این دو ماه گزارش نشد. pH و EC نمونه‌های مورد مطالعه در عصاره اشباع به‌ترتیب به کمک دستگاه pH متر و هدایت‌سنج اندازه‌گیری شد (هالوسچک، ۲۰۰۶). مقدار ماده آلی به روش تیتراسیون (والکی و بلک، ۱۹۳۴) و فسفر قابل جذب به روش اولسن و با دستگاه اسپکتوفوتومتر اندازه‌گیری شد. غلظت پتاسیم قابل جذب و سدیم محلول با دستگاه فلیم فتومتر و غلظت دو عنصر کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون اندازه‌گیری شد (مهندسین مشاور رویان. ۱۳۸۷).

با توجه به جهت وزش باد غالب منطقه، نقاط اول تا پنجم تالاب هامون منشأ رسوبات شهرستان هیرمند، نقاط ششم تا هجدهم تالاب هامون منشأ رسوبات شهرستان‌های زابل و زهک، نقاط دوازدهم تا هجدهم تالاب هامون منشأ رسوبات شهرستان نیمروز و نقاط دوازدهم تا بیستم تالاب منشأ رسوبات شهرستان هامون در نظر گرفته شد لذا جهت تعیین نسبت غنی شدن برای هر شهرستان از نقاط مربوط به هر شهرستان طبق نسبت زیر استفاده شد (ماسی و جکسون، ۱۹۵۲؛ پالیس و دیگران، ۱۹۹۰).

مقدار عنصر در خاک تالاب (mg/kg) / مقدار عنصر در گرد و غبار (mg/kg)= نسبت غنی شدن

اگر مقدار نسبت غنی شدن بیشتر از یک باشد نشان می‌دهد آن عنصر در رسوبات فرسایش یافته نسبت به خاک محل برداشت، بیشتر شده و فرسایش انتخابی عناصر و میزان هدر رفت آن عنصر از خاک منشأ را نشان می‌دهد (ماسی و جکسون، ۱۹۵۲؛ پالیس و دیگران، ۱۹۹۰).

بررسی اختلاف میانگین عناصر غذایی بین شهرها توسط آزمون تحلیل واریانس یک راهه (ANOVA) در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد و با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد.

نتایج و بحث

کلاس بافت خاک نقاط تالاب هامون (جدول ۱) نشان می‌دهد که به‌ترتیب بیشترین کلاس بافتی لوم سیلتی (نقاط پنجم، هفتم، یازدهم، چهاردهم، هفدهم و بیستم)، پس از آن کلاس بافتی لوم سیلتی (نقاط ششم، دوازدهم، سیزدهم و پانزدهم)، کلاس بافتی رس سیلتی (نقاط اول، هشتم و شانزدهم)، کلاس‌های بافتی لومی (نقاط سوم و نوزدهم)، رسی (نقاط دوم و نهم) و لوم رسی سیلتی (نقاط دهم و هجدهم) و در انتها کمترین کلاس بافتی لوم رسی شنی (نقطه چهارم) می‌باشند. لارنی و دیگران (۱۹۹۸) معتقدند که با تداوم فرسایش بادی به مرور بافت خاک منطقه برداشت درشت‌تر شده و حاصلخیزی خاک کاهش می‌یابد. البته در تالاب‌های هامون تداوم رسوب‌گذاری مانع از بروز این حادثه می‌شود. مطالعات اوپ و دیگران (۲۰۱۶) نشان داد که بخش عمده ذرات خاک سطحی در بستر دریاچه آرال (منشأ گرد و غبار) در اندازه ذرات سیلت (به‌صورت غالب) و رس بودند. یکی از عوامل اصلی مؤثر بر شدت فرسایش بادی فراهمی ذرات فرسایش‌پذیر (همچون سیلت) است.

بررسی خصوصیات شیمیایی و میزان برخی عناصر غذایی در نمونه‌های تالاب‌های هامون (جدول ۱ و شکل ۳) نشان داد که بیشترین و کمترین درصد ماده آلی به‌ترتیب در نقطه دوازدهم ۲/۲۵ درصد و در نقطه ششم ۰/۰۳ درصد به‌دست آمد. میانگین بدست آمده برای درصد کربن آلی در نقاط نمونه‌برداری شده از تالاب هامون ۰/۶۲ درصد به‌دست آمد که این مقدار ماده آلی خاک‌های بستر تالاب‌های هامون تقریباً مشابه میانگین این فاکتور در خاک‌ها دشت سیستان (کمتر از ۰/۵ درصد) است (غلامعلی‌زاده آهنگر و دیگران، ۱۳۹۳؛ میر و دیگران، ۱۳۹۴) که نشان از هدر رفت مواد آلی از منطقه می‌باشد و در کل، درصد ماده آلی اندازه‌گیری شده برای تمامی نقاط نمونه‌برداری از تالاب‌های هامون مقدار بسیار ناچیزی بود. بریانت و دیگران (۲۰۰۸) با مطالعه خصوصیات خاکی تالاب‌های مناطق خشک اظهار داشتند که مقدار کربن آلی این خاک‌ها بسیار ناچیز و کمتر از ۰/۵ درصد می‌باشد. در تحقیقی که

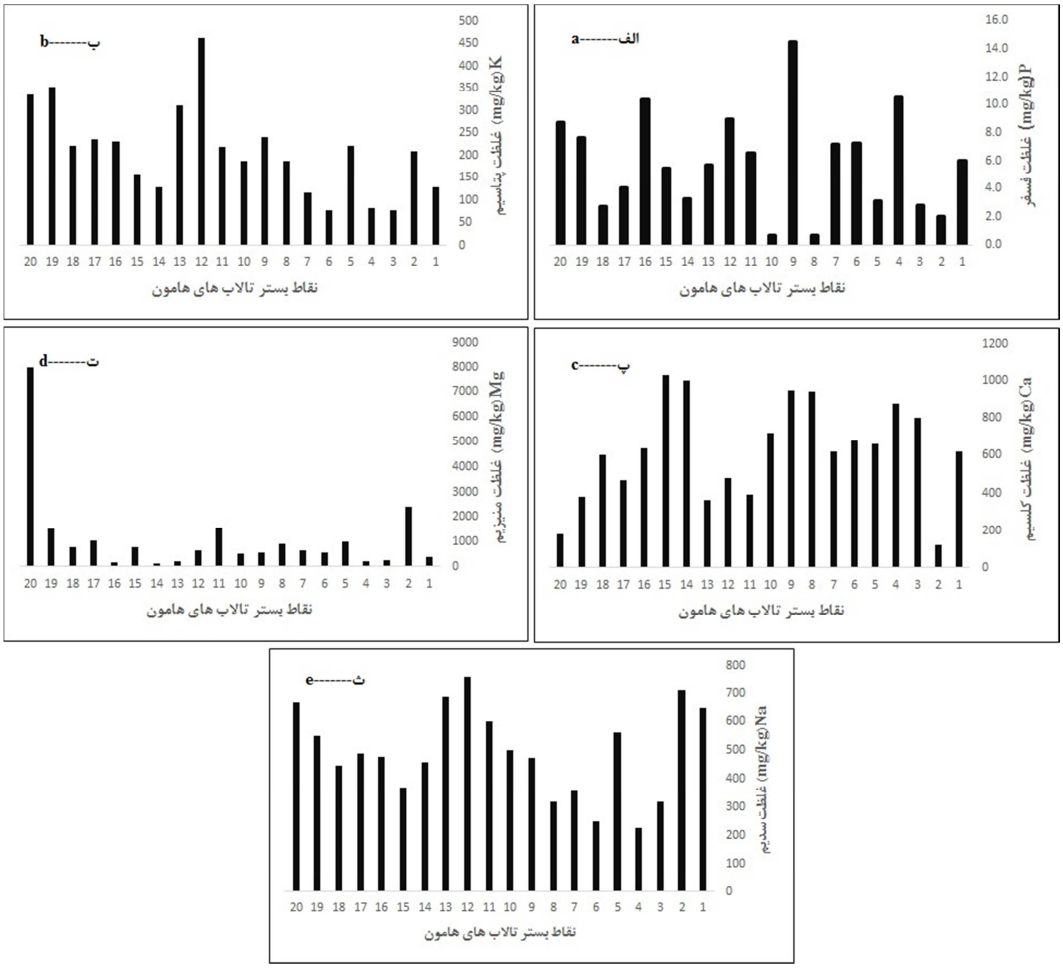
غلامعلی‌زاده‌آهنگر و دیگران (۱۳۹۳) در منطقه سیستان انجام دادند به این نتیجه رسیدند که ذخایر کربن آلی و به تبع آن مواد آلی در خاک‌های مناطق خشک (دشت سیستان) بسیار کم می‌باشد (0/45 درصد) و این به دلیل اقلیم خشک حاکم، پوشش گیاهی فقیر و شدت فعالیت عوامل فرسایشی بخصوص عامل فرسایش بادی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

جدول۱: خصوصیات شیمیایی و فیزیکی نمونه‌های بستر تالاب‌های هامون

شماره نمونه	واکنش خاک pH	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	ماده آلی OM (٪)	کلاس بافت Texture class
		۲۹/۴	۱/۳۴	رس سیلتی[1]
		۵۳/۵	۰/۹۴	رسی[2]
۳	۸/۶۹	۸/۴۵	۰/۵	لومی[3]
۴	۹/۱	۲۷/۶	۰/۴۴	لوم رسی شنی[4]
۵	۹/۲۶	۲۵/۷	۰/۷۴	لوم رسی[5]
۶	۹/۰۵	۲۰/۰۴	۰/۰۳	لوم سیلتی[6]
۷	۸/۶۵	۱۲/۰۲	۰/۱۳	لوم رسی[7]
۸	۸/۹۶	۱۸/۰۸	۰/۱۰	رس سیلتی
۹	۹/۰۸	۱۹/۶۹	۱/۲۱	رسی
۱۰	۸/۲۶	۷/۱	۰/۳۷	لوم رسی سیلتی[8]
۱۱	۹/۰۳	۱۹/۵۸	۰/۲۰	لوم رسی
۱۲	۸/۴۶	۹/۱۵	۲/۲۵	لوم سیلتی
۱۳	۸/۸۳	۱۵/۲۷	۰/۵۷	لوم سیلتی
۱۴	۹/۱۵	۲۵/۳	۰/۲۰	لوم رسی
۱۵	۹/۲۷	۳۰/۲	۰/۲۷	لوم سیلتی
۱۶	۹/۴۶	۳۸/۱	۰/۱۷	رس سلتی
۱۷	۹/۰۲	۲۰/۵	۰/۶۷	لوم رسی
۱۸	۸/۱۶	۲/۸۸	۰/۸۱	لوم رسی سیلتی
۱۹	۹/۳۴	۳۹/۶	۰/۸۱	لومی[9]
۲۰	۸/۶۱	۹/۸۳	۰/۵۴	لوم رسی
میانگین	**۸/۹۵**	**۲۱/۶۰**	**۰/۶۲**	-

1- Silt Clay
2- Clay
3- Loam
4- Sandy Clay Loam
5- Clay Loam
6- Silt Loam
7- Clay Loam
8- Silt Clay Loam
9- Loam

همچنین اخضری و دیگران (۲۰۱۵) اظهار داشتند که در دسترس بودن آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک باعث فعالیت بیولوژیک گیاهان می‌شود و باران مهمترین محرک برای فعالیت‌های بیولوژیک در این مناطق است، این محققین اظهار داشتند که بروز خشکسالی در مناطق منبع گرد و غبار باعث تخریب پوشش گیاهی و تشدید طوفان‌های گرد و غبار می‌شود. با توجه به خشکسالی شدید حاکم در منطقه که باعث خشکی تالاب‌های هامون شده (راشکی و دیگران، 2012؛ راشکی و دیگران، ۲۰۱۳)، نتیجتاً این شرایط کاهش پوشش گیاهی و ماده آلی را همراه دارد.



شکل ۳: مقادیر عناصر غذایی درنمونه‌های بستر تالاب‌های هامون؛ الف: فسفر، ب: پتاسیم، پ: کلسیم، ت: منیزیم، ث: سدیم

بیشترین میزان فسفر در نقطه شماره ۹ (۱۴/۴۷mg/kg) و کمترین مقدار در نقاط ۸ و ۱۰ (۰/۷۳mg/kg) مشاهده شد و میانگین فسفر در تالاب‌های هامون ۵/۹۱ mg/kg محاسبه شد. بیشترین مقدار پتاسیم در نقطه ۱۲ (mg/kg ۴۶۱) و کمترین مقدار در نقطه ۳ (۰/۷۷ mg/kg) وجود داشت و میانگین پتاسیم منطقه ۲۰۸/۷۷mg/kg بود (شکل

۳). در تحقیقی که بصیرانی (۱۳۷۱) روی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های منطقه سیستان انجام داد مقادیر فسفر قابل جذب و پتاسیم قابل جذب را به ترتیب 1/65 mg/kg و۹۰ mg/kg گزارش کرد و نتیجه گرفت خاک‌های منطقه از نظر فسفر قابل جذب کاملاً فقیر هستند. مطالعه میر و دیگران (۱۳۹۴) نشان داد که در دشت سیستان میانگین فسفر ۲۰/۰۳ mg/kg می‌باشد که میانگین فسفر در مناطق مستعد فرسایش تالاب‌های هامون بسیار کمتر از میانگین فسفر در دشت سیستان می‌باشد. بیشترین مقدار کلسیم در نقطه ۱۵ (۱۰۳۰mg/kg) و کمترین مقدار آن در نقطه ۲ (۱۲۰ mg/kg) دیده شده و میانگین کلسیم ۶۲۶ mg/kg است (شکل ۳). همچنین بیشترین مقدار منیزیم در نقطه ۲۰ (۷۹۹۲ mg/kg) و کمترین مقدار در نقطه ۱۴ (۱۲۰ mg/kg) و میانگین آن ۱۱۲۲ mg/kg بدست آمد (شکل ۳).

در اراضی پست و دشت‌های سیلابی با توجه به نزدیک بودن آب زیرزمینی غنی از کربنات‌ها به سطح خاک، تجمع و فراهمی آن در خاک طبیعی است (اسچتزل و اندرسون، ۲۰۰۵) که یکی از رایج‌ترین آن کربنات کلسیم می‌باشد و باعث افزایش غلظت کلسیم در این مناطق می‌شود. رینولد و دیگران (۲۰۰۱) اظهار داشتند که گرد و غبار علاوه بر حمل عناصر غذایی اصلی (مانند فسفر، نیتروژن) و ماده آلی همچنین عوامل مؤثر بر فراهمی این عناصر غذایی را (مانند کربنات‌ها) نیز به همراه دارد. این محققین معتقدند که در خاک‌های مناطق بیابانی فسفر یک عنصر غذایی محدود کننده است که می‌تواند بر کنترل رشد گیاهان تأثیر زیادی همچون نیتروژن و ماده آلی بگذارد و همچنین پتاسیم و منیزیم عناصر غذایی که تأثیر گذار بر روی ترکیب جمعیتی گیاهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک هستند.

بیشترین مقدار سدیم در نقطه ۱۲ (۷۶۰ mg/kg) و کمترین مقدار آن در نقطه ۴ (۲۲۶/۵ mg/kg) مشاهده شد و میانگین سدیم ۴۹۳/۷۸ mg/kg بود (شکل ۳) که این مقادیر سدیم خاک‌های بستر تالاب‌های هامون بسیار کمتر از میانگین سدیم محلول در خاک‌ها دشت سیستان (۹۲۲/۳ mg/kg) است (سارانی و دیگران، ۲۰۱۶). بیشترین و کمترین مقدار pH به‌ترتیب در نقاط شانزدهم (۹/۴۶) و هجدهم (۸/۱۶) به‌دست آمد (جدول ۱). میانگین مقدار pH نیز در نقاط نمونه‌برداری شده تالاب‌های هامون ۸/۹۵ به دست آمد (جدول ۱) و در کل مقدار pH در همه‌ی نقاط نمونه‌برداری شده بالا بوده و نشان از قلیایی بودن مناطق برداشت گرد و غبار دارد. شایان ذکر است مقادیر بدست آمده بسیار مشابه میانگین واکنش خاک‌های دشت سیستان می‌باشد (غلامعلی زاده آهنگر و دیگران، ۱۳۹۳؛ میر و دیگران، ۱۳۹۴؛ هاشمی و دیگران، ۱۳۹۵؛ سارانی و دیگران، ۲۰۱۶). پژوهش‌های متعددی نشان‌دادند که میانگین pH در نقاط برداشت (منشأ) گرد و غبار به علت قلیایی بودن خاک این مناطق بالا می‌باشد (لیث صفار و دیگران، ۱۳۹۴؛ محمودی و خادمی، ۱۳۹۳؛ برونینگ مدسن و دیگران، 2015) که نشان از قلیایی شدن و تخریب خاک در این مناطق می‌باشد. مقدار شوری خاک به‌ترتیب در نقطه دوم (۵۳/۵ dS/m) بیشترین مقدار و در نقطه هجدهم (2/88 dS/m) کمترین مقدار و میانگین مقدار شوری خاک نیز در نقاط نمونه‌برداری شده تالاب‌های هامون (dS/m ۲۱/۶۰) به دست آمد (جدول ۱). مقادیر بدست آمده برای EC بسیار بیشتر از میانگین EC خاک‌های دشت سیستان می‌باشد (غلامعلی زاده آهنگر و دیگران، ۱۳۹۳؛ هاشمی و دیگران، ۱۳۹۵؛ سارانی و دیگران، ۲۰۱۶) و نشان از شور بودن خاک در مناطق برداشت رسوبات گرد و غبار در تالاب‌های هامون دارد.

شور بودن خاک‌ها در منطقه برداشت باعث به‌هم ریختن ساختمان خاک و در نتیجه مستعد شدن خاک برای برداشت و حمل توسط فرسایش بادی می‌شود. لیث صفار و دیگران در سال ۱۳۹۴ و موداهیش و مهجوب در سال ۲۰۱۳ بیان داشتند که نمونه‌های خاک مناطق برداشت شور می‌باشند. همچنین با افزایش میزان یون‌های منیزیم و سدیم در سطح خاک فرایند شورشدن تشدید می‌شود. بالا رفتن مقدار سدیم باعث پراکنش رس‌ها و تخریب ساختمان خاک شده (اسچتزل و اندرسون، ۲۰۰۵) و نتیجتاً میزان فرسایش‌پذیری بادی افزایش می‌یابد (تاجیک و دیگران، ۱۳۸۱). شوری خاک یک معضل محیط زیستی جدیدی است که می‌تواند توانایی استقرار گیاه را تحت تأثیر قرار دهد و شورشدن خاک رشد گیاهان را کاهش و یا سبب از بین رفتن آن‌ها می‌شود (اخزری و دیگران ۲۰۱۵). با توجه به مقادیر بالای هدایت الیکتریکی، pH و سدیم در نقاط مختلف تالاب‌های هامون به نظر می‌رسد فرایند هالومورفیک در بستر تالاب‌ها در حال وقوع است و نیز مقادیر پایین عناصر غذایی و ماده آلی در تالاب‌های هامون نشان دهنده تخریب شدید پوشش گیاهی و خاک‌های تالاب‌های هامون است. ویسر و استرک (۲۰۰۷) معتقدند که تولیدکنندگی و حاصلخیزی خاک در مناطق برداشت (منشأ گرد و غبار) کاهش و در مناطق فرونشست رسوبات، افزایش می‌یابد.

جدول ۲: خصوصیات شیمیایی و میزان برخی عناصر غذایی در نمونه‌های گرد و غبار

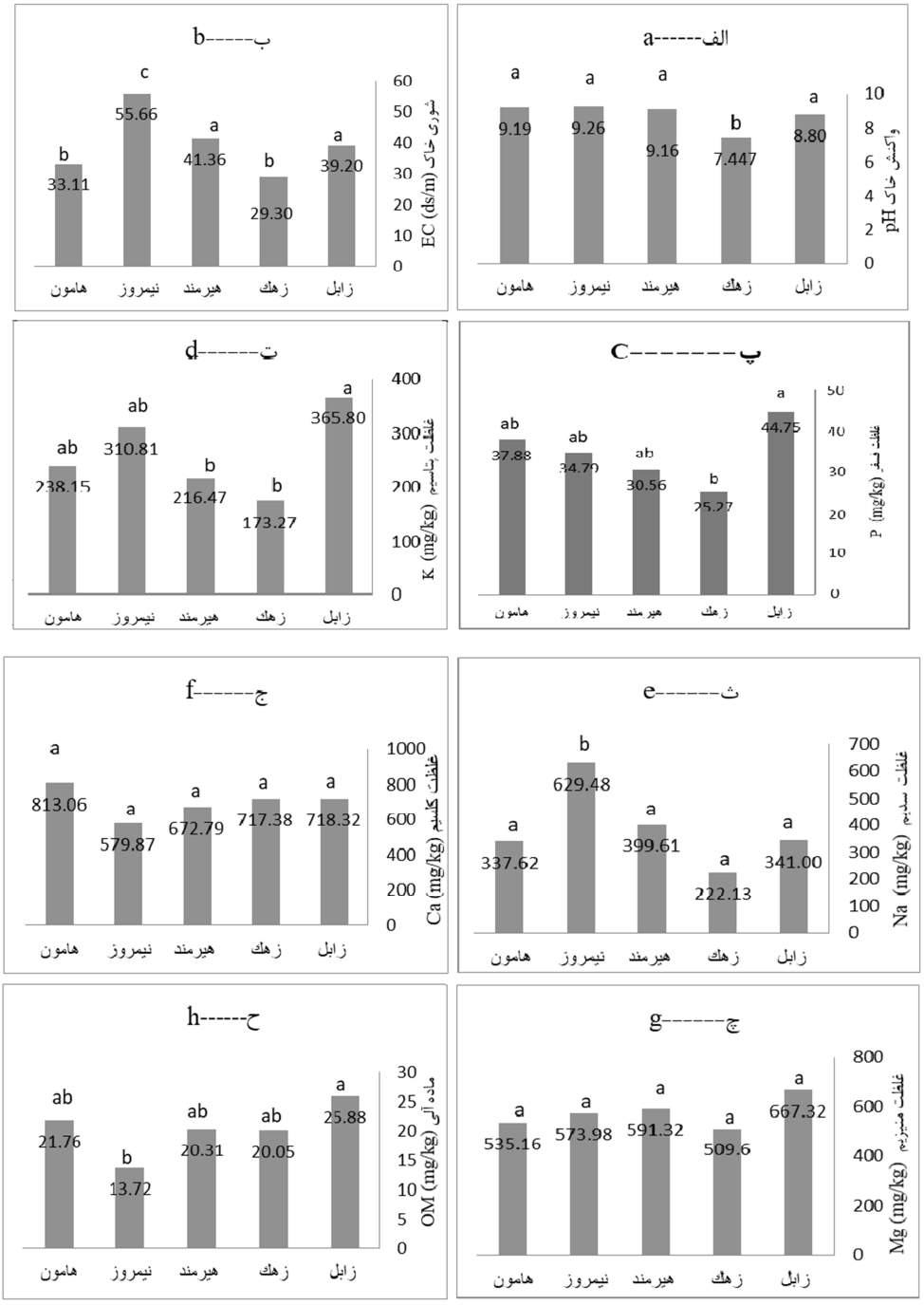
	اردیبهشت April-May	خرداد May-June	تیر June-July	مرداد July-August	شهریور August-September	مهر September-Octobr	میانگین کل Total Average
واکنش خاک pH	۸/۸ a	۹/۰۴ a	۸/۶۴ a	۹/۰۶ a	۸/۳۸ a	۸/۷۱ a	**۸/۷۷**
هدایت اکتریکی EC (dS.m^{-1})	۴۲/۷۶ a	۴۰/۶۰ a	۳۶/۸۸ a	۴۰/۱۳ a	۴۱/۷۷ a	۳۶/۲۵ a	**۳۹/۷۳**
فسفر(mg/kg) P	۴۳/۱۴ ac	۲۷/۴۹ ab	۳۴/۷۲ ab	۲۶/۴۳ b	۵۲/۷۴ c	۱۸/۰۳ b	**۳۳/۷۶**
پتاسیم(mg/kg) K	۲۸۹/۹۴ ab	۱۹۷/۹۴ a	۲۰۷/۵۸ a	۱۷۸/۲۱ a	۴۱۹/۲۰ b	۲۷۲/۴۹ a	**۲۶۰/۸۹**
سدیم(mg/kg) Na	۳۷۰/۴۶ a	۳۴۰/۲۸ a	۳۲۶/۳۰ a	۳۴۶/۸۴ a	۷۰۴/۶۷ b	۲۲۷/۲۳ a	**۳۸۵/۹۶**
کلسیم(mg/kg) Ca	۶۵۳/۷۷ a	۷۰۶/۶۰ ab	۸۱۸/۰۸ bd	۷۵۳/۶۴ ab	۳۷۲/۴۹ c	۸۹۷/۰۹ d	**۷۰۰/۲۸**
منیزیم(mg/kg) Mg	۴۶۶/۵۸ a	۴۹۶/۶۰ a	۵۱۵/۸۳ a	۶۱۸/۴۰ ab	۷۵۸/۰۴ b	۵۹۷/۳۸۴ ab	**۵۷۵/۴۷**
ماده آلی OM (mg/kg)	۲۵/۳۴ a	۱۶/۳۳ a	۲۱/۵۸ a	۱۸/۵۲ a	۱۷/۳۱ a	۲۳ a	**۲۰/۳۵**
میانگین عناصر غذایی (P,K,Na,Ca,Mg)	**۳۶۴/۷۸**	**۳۵۳/۷۸**	**۳۸۰/۵۰**	**۳۸۴/۷۰**	**۴۶۱/۴۳**	**۴۰۲/۴۵**	**۳۹۱/۲۷**

*در سطرها (میانگین هر خصوصیت) حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف آماری (در سطح ۹۵ درصد) است.

کلاس بافت رسوبات گرد و غبار جمع شده در تله‌های رسوبگیر در بازه مطالعاتی، برای شهرستان‌های زابل، هیرمند، هامون و نیمروز لوم سیلتی می‌باشد. محمودی و خادمی (۱۳۹۳) و موداهیش و محجوب (۱۹۹۷) بیان داشتند که بافت غالب ذرات گرد و غبار لوم سیلتی می‌باشد، ولی کلاس بافت رسوبات گرد و غبار جمع شده در تله‌های رسوبگیر شهرستان زهک لوم شنی به‌دست آمد. الاوادهی و الشوئیبی (۲۰۱۳) و باتیچین و دیگران (۲۰۱۵) بیان داشتند که بافت خاک در اکثر نمونه‌های مورد مطالعه لوم شنی به‌دست آمد.

بیشترین میزان عناصر مورد بررسی در دوره مورد مطالعه (جدول ۲) و در کل منطقه مربوط به کلسیم (با میانگین کل ۷۰۰/۲۸) و کمترین مقدار مربوط به ماده آلی (با میانگین کل ۲۰/۳۵ mg/kg) است که با توجه به خشک بودن دشت و فقدان ماده آلی دور از انتظار نیست و پس از آن فسفر (۳۳/۷۶ mg/kg) کمترین مقدار را دارا است.

بیشترین میانگین واکنش خاک (۹/۰۶) گرد و غبار در مرداد و بیشترین شوری در اردیبهشت (۴۲/۷۶ dS/m) و کمترین میانگین این مقادیر به ترتیب در شهریور (۸/۳۸) و مهر (۳۶/۲۵ dS/m) مشاهده شد که این اختلاف‌ها به لحاظ آماری معنی‌دار نبودند (جدول ۲). بیشترین میانگین فسفر (۵۲/۷۴ mg/kg)، پتاسیم (۴۱۹/۲۰ mg/kg)، سدیم (۷۰۴/۶۷ mg/kg) و منیزیم (۷۵۸/۰۴ mg/kg) در شهریور و کلسیم (۸۹۷/۰۹ mg/kg) در مهر و ماده آلی (۲۵/۳۴ mg/kg) در گرد و غبار اردیبهشت مشاهده شد (جدول ۲). کمترین میانگین فسفر (۱۸/۰۳ mg/kg) و سدیم (۲۲۷/۲۳ mg/kg) در گرد و غبار مهر، پتاسیم (۱۷۸/۲۱ mg/kg) در مرداد، کلسیم (۳۷۲/۴۹ mg/kg) در شهریور و منیزیم (۴۶۶/۵۸ mg/kg) در اردیبهشت و ماده آلی (۱۶/۳۳ mg/kg) در گرد و غبار خرداد مشاهده شد (جدول ۲) که اختلافات اشاره شده (به غیر از ماده آلی) به لحاظ آماری معنی‌دار بوند. بیشترین میانگین عناصر غذایی (mg/kg ۴۶۱/۴۳) در گرد و غبار شهریور و کمترین (۳۵۳/۷۸ mg/kg) در خرداد مشاهده شد (جدول ۲) که این موضوع نشان‌دهنده شدت هدررفت عناصر (فرسایش انتخابی) در شهریور در منطقه است.



شکل :۴ مقایسه میانگین خصوصیات شیمیایی و عناصر غذایی همراه با گرد و غبار هر شهر؛ الف: واکنش خاک، ب: شوری خاک، پ: فسفر، ت: پتاسیم، ث: سدیم، ج: کلسیم، چ: منیزیم و ح: ماده آلی

مطالعات مشابه در نقاط مختلف جهان نتایج این مطالعه را تائید می‌کند (اسکیدمور،2000؛ برونینگ مدسن و دیگران، 2015). کلسیم اغلب با بخش‌های ریزتر خاک همبستگی داردکه این اجزا بیشتر مستعد فرسایش هستند (نیف و دیگران، ۲۰۰۵). مطالعات دهمرده بهروز و دیگران در سال ۲۰۱۷ نیز نشان داد که کلسیم بیشتر مقدار را در گرد و غبار منطقه سیستان دارد. همچنین با توجه به قلیایی بودن خاکهای تالاب‌های هامون و مقادیر بالای عنصر کلسیم و مقادیر کم فسفر در تالاب‌ها و چون خاک این مناطق منبع اصلی گرد و غبار منطقه است لذا این نتایج منطقی است.

شکل ۴ مقادیر خصوصیات شیمیایی و عناصر غذایی در شهرستان‌های منطقه سیستان ارائه شده است. بیشترین میزان ماده آلی (شکل ۴، ح) در گرد و غبار حمل شده در شهرستان زابل (۲۵/۸۸ mg/kg) و کمترین میزان در شهرستان نیمروز (۱۳/۷۲mg/kg) مشاهده شد که این اختلاف به لحاظ آماری معنی‌دار بود. شایان ذکر است که مقادیر ماده آلی گرد و غبار بسیار بیشتر از میانگین این فاکتور در خاک‌ها دشت سیستان (کمتر از ۵ mg/kg) است (غلامعلی‌زاده آهنگر و دیگران، ۱۳۹۳؛ میر و دیگران، ۱۳۹۴) که نشان از هدر رفت مواد آلی از منطقه می‌باشد. طبق آنالیز pH در منطقه میانگین واکنش خاک (شکل ۴، الف) گرد و غبار بالای ۸ بدست آمد که مقادیر بدست آمده بسیار مشابه میانگین واکنش خاک‌های دشت سیستان می‌باشد (غلامعلی‌زاده آهنگر و دیگران، ۱۳۹۳؛ میر و دیگران، ۱۳۹۴؛ هاشمی و دیگران، ۱۳۹۵؛ سارانی و دیگران، ۲۰۱۶). بیشترین pH مربوط به شهرستان نیمروز (۹/۲۶) و کمترین pH مربوط به شهرستان زهک (۷/۴۵) بود. تجزیه آماری نتایج نشان‌داد مقادیر شهرستان زهک با سایر شهرستان‌ها اختلاف معنی‌داری دارد، و بین سایر شهرستان اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. بیشترین مقدار EC (شکل ۴، ب) در شهرستان نیمروز (۲۹/۳dS/m) و کمترین مقدار آن در شهرستان زهک (۵۵/۶۶dS/m) مشاهده شد. بررسی آماری نشان داد نتایج شهرستان نیمروز با سایر شهرستان‌ها اختلاف معنی‌داری دارد، شهرستان‌های زابل و هیرمند با هم اختلاف معنی‌داری ندارند ولی با سایر شهرستان‌ها اختلاف معنی‌داری دارند، شهرستان‌های زهک و هامون نیز با هم اخلاف معنی‌داری ندارند ولی با سایر شهرستان ها اختلاف معنی‌داری دارند. شایان ذکر است مقادیر بدست آمده برای EC بسیار بیشتر از میانگین EC خاک‌های دشت سیستان می‌باشد (غلامعلی‌زاده آهنگر و دیگران، ۱۳۹۳؛ هاشمی و دیگران، ۱۳۹۵؛ سارانی و دیگران، ۲۰۱۶). مقادیر بالای pH و EC در گرد و غبار منطقه به دلیل مقادیر بالای pH و EC در نقاط برداشت از تالاب‌های هامون است چنانچه در جدول (۱) ملاحظه شد. زیاد بودن میزان هدایت الکتریکی دلیلی است بر این مطلب که ذرات گرد و غبار از منطقه‌ای با خاک‌های شور منشأ می‌گیرند (محمودی و خادمی، ۱۳۹۳؛ نادری‌زاده و دیگران، ۱۳۹۵). این مسئله حائز اهمیت است که مقادیر pH، EC و سدیم گرد و غبار منطقه نشان‌دهنده طوفان‌های گرد و غبار شور است. این طوفان‌ها نوعی طوفان شیمیایی هستند که منشأ آنها بستر خشک دریاچه‌ها (تالاب‌ها) در مناطق خشک و عاری از پوشش گیاهی بوده و مقدار قابل توجهی مواد ریز شور و قلیا مانند سولفات سدیم و کلرید سدیم به همراه دارند و یک تهدید بسیار مهم برای امنیت اکولوژیکی در مناطق خشک محسوب می‌شوند (عبدووالی و دیگران، 2010). مطالعه دهمرده بهروز و دیگران (۲۰۱۷) نیز حضور طوفان‌های گرد و غبار شور را در منطقه سیستان تائید می‌کند و دلیل آنرا حضور کانی‌های تبخیری و نتیجتاً یون‌های مربوطه در گرد و غبار منطقه در اثر خشکسالی و شرایط اقلیمی (دما و وزش باد دائمی) می‌دانند.

بیشترین میزان فسفر (۴۴/۷۷mg/kg) (شکل ۴، پ) و پتاسیم (۳۶۵/۸mg/kg) (شکل ۴، ت) در گرد و غبار حمل شده از روی شهرستان زابل و همچنین کمترین مقدار فسفر (۲۵/۲۷mg/kg) و پتاسیم (۱۷۳/۲۷mg/kg) در شهرستان زهک مشاهده شد. با توجه بررسی آماری میزان فسفر در شهرستان زابل اختلاف معنی‌داری با شهرستان زهک دارد و با سایر شهرستان‌ها اختلاف کمی دارد و همچنین مقدار پتاسیم در زابل اختلاف معنی‌داری با مقدار آن در شهرستان‌های زهک و هیرمند دارد و با سایر شهرستان‌ها اختلاف کمی دارد. یکی از دلایل عمده برای مقادیر بالای فسفر و پتاسیم در شهرستان زابل مقادیر زیاد ماده آلی در گرد و غبار این شهرستان است. چنانچه میر و دیگران (۱۳۹۴) به همبستگی مثبت بین ماده آلی خاک و مقدار فسفر اشاره کرده‌اند؛ و نیز مقدار کم فسفر و پتاسیم در شهرستان زهک به دلیل بافت سبک‌تر این شهرستان نسبت به سایر نقاط است. البته باید توجه داشت که میانگین فسفر گرد و غبار (۳۳/۷۶ mg/kg) بسیار بیشتر از میانگین فسفر (۲۰/۰۳ mg/kg) خاک‌های دشت سیستان (میر و دیگران، ۱۳۹۴) می‌باشد که نشان از غنی شدن و هدر رفت شدید این عنصر مهم غذایی می‌باشد.

بیشترین مقدار کلسیم (شکل ۴، ج) در شهرستان هامون (۸۱۳/۰۶ mg/kg) و منیزیم (شکل ۴، چ) در شهرستان زابل (۶۶۷/۳۲mg/kg) و کمترین مقدار کلسیم در شهرستان نیمروز (۵۷۹/۸۷mg/kg) و همچنین کمترین مقدار منیزیم در شهرستان زهک (۵۰۹/۶mg/kg) مشاهده شد. بیشترین مقدار سدیم (شکل ۴، ث) در شهرستان نیمروز (۶۲۹/۴۸mg/kg) و کمترین مقدار آن در شهرستان زهک (۲۲۲/۱۳ mg/kg) مشاهده شد. شایان ذکر است که این مقادیر سدیم گرد و غبار بسیار کمتر از میانگین سدیم در خاک‌ها دشت سیستان (۹۲۲/۳ mg/kg) است (سارانی و دیگران، ۲۰۱۶). با توجه به تجزیه آماری نتایج شهرستان نیمروز با سایر شهرستان‌ها اختلاف در خصوص مقدار سدیم معنی‌داری دارد. چنانچه ملاحظه می‌شود شهرستان نیمروز بیشترین مقدار را در واکنش خاک و هدایت الکتریکی را دارد و از سوی دیگر کمترین ماده آلی همراه با گرد و غبار را در منطقه دارد. شور شدن خاک منطقه برداشت باعث از بین رفتن پوشش گیاهی می‌شود (اخضری و دیگران .2015) و زیتوده کاهش یافته و در نتیجه مقدار ماده آلی منطقه برداشت کمتر بوده و در پی آن مقدار این پارامتر همراه گرد و غبار نیز کم است. شهرستان زهک کمترین مقدار واکنش خاک، هدایت الکتریکی و سدیم را دارد چنانچه پیشتر اشاره شد اندازه ذرات گرد و غبار شهرستان زهک ابعاد رس شنی است (CEC کمتر نسبت به لومی یا لوم سیلتی) و با اندازه ذرات دیگر شهرستان‌ها متفاوت است لذا ذرات شن که بار ندارند و در ارتباط با عناصر غذایی نیستند ازاین‌رو مقادیرش کمتر از دیگر نقاط بود. دانش‌شهرکی و دیگران (۱۳۹۵) نیز اظهار داشت که گرد و غبار زهک علاوه بر تالاب هامون منشأ دیگری نیز دارد لذا خصوصیاتش کمی متفاوت تر است. این محقق معتقد به نقش تپه‌های شنی اطراف زهک و خاک دشت سیستان به عنوان منشأ فرعی گرد و غبار در این شهر است که دورترین شهر از تالاب‌های هامون در دشت سیستان می‌باشد.

بیشترین نسبت غنی‌سازی (جدول ۳) در کل مناطق مربوط به فسفر (6/002) و پس از آن بیشترین نسبت غنی‌سازی را مواد آلی (3/232) داشت. کمترین نسب غنی‌سازی مربوط به سدیم (۰/۷۰۷) و منیزیم (۰/۷۳۴) است. مقادیر نسبت غنی‌سازی شدن بالاتر از یک نشان‌دهنده غنی شدن آن عنصر در گرد و غبار می‌باشد و هدر رفت و فرسایش

انتخابی آن عنصر را از خاک‌های محل برداشت (منشأ گرد و غبار) نشان می‌دهد که این مورد در مطالعه حاضر برای ماده آلی و عناصر غذایی اصلی فسفر و پتاسیم رخ داده است. مسلماً تخلیه عناصر غذایی اصلی و مواد آلی خاک به تخریب خاک منطقه برداشت (مناطق مورد مطالعه در بستر تالاب‌های هامون) منتج خواهد شد.

جدول ۳: میانگین نسبت غنی شدن عناصر غذایی همراه گرد و غبار در منطقه سیستان

شهر City	فسفر P	پتاسیم K	سدیم Na	کلسیم Ca	منیزیم Mg	ماده آلی OM
زابل Zabol	۷/۵۱۸	۱/۶۵۳	۰/۶۷۳	۰/۸۰۰	۰/۷۹۴	۴/۸۱۳
زهک Zahak	۴/۲۴۵	۰/۸۱۴	۰/۴۱۸	۰/۷۹۴	۰/۵۴۷	۳/۷۲۹
هیرمند Hirmand	۶/۲۳۵	۱/۰۹۴	۰/۶۶۰	۰/۷۶۱	۰/۷۸۶	۲/۵۶۰
نیمروز Nimrouz	۶/۰۱۳	۱/۲۶۸	۱/۱۵۳	۱/۰۸۷	۰/۸۹۹	۱/۹۴۴
هامون Hamoun	۵/۹۹۶	۱/۰۷۷	۰/۶۳۳	۰/۶۶۵	۰/۶۴۶	۳/۱۱۶
میانگین Average	۶/۰۰۲	۱/۱۸۱	۰/۷۰۷	۰/۸۲۱	۰/۷۳۴	۳/۲۳۲
انحراف معیار Standard deviation	۱/۱۶۶	۰/۳۱۰	۰/۲۷۰	۰/۱۵۸	۰/۱۳۸	۱/۱۰۳

لی و دیگران (۲۰۰۷) در مطالعه خود نسبت غنی شدن برای کربن آلی را بین ۳/۲ تا ۶ برآورد کردند. همچنین نادری زاده و همکاران (۱۳۹۵) دریافتند که مقدار ماده آلی در گرد و غبار ۳ برابر خاک منطقه مطالعاتی‌شان است و این افزایش به این دلیل است که ذرات ریزگرد نسبت به خاک ریزتر هستند و ذرات ریز تمایل بیش تری به جذب مواد آلی دارند. علاوه براین بخشی از آلاینده‌های ترافیک شهری، ترکیبات آلی است که وارد اتمسفر می شوند و ذرات ریزگرد به عنوان هسته مرکزی عمل کرده و این مواد را موقع فرونشست، همراه خود منتقل می کنند.

زوبک و فرایریر (۱۹۸۶) در مطالعه برخی عناصر غذایی (سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و ماده آلی) نسبت غنی شدن را بین ۱ تا ۳ عنوان کردند. همچنین رینولد و دیگران (۲۰۰۱) این نسبت را برای فسفر (۳)، پتاسیم (۱/۲)، منیزیم (۴/۴)، سدیم (۳/۸) و کلسیم (۱۰/۵) برآورد کردند.

با توجه به اختلافات در نسبت غنی شدن در مطالعات مختلف به نظر می‌رسد که این پارامتر یک عامل خاص منطقه‌ای بوده که ممکن است به شدت باد، عمق خاک سطحی که به عنوان نمونه منشأ برداشته می‌شود و اندازه ذرات در ارتفاعی که نمونه‌های گرد و غبار جمع آوری می‌شوند، بستگی داشته باشد (لی و دیگران، 2007).

باید توجه داشت که در مناطق خشک که فراهمی عناصر غذایی محدود می‌باشد، هدر رفت آن‌ها می‌تواند تأثیر اکولوژیک شدیدی بگذارد. مقدار بالای عناصر در دشت سیستان نشان دهنده تخریب خاک‌های مناطق بالادست (خاک‌های خارج از مرزهای کشور و بخشی از خاک‌های دشت سیستان) و تالاب‌های هامون است. لی و دیگران (۲۰۰۷) معتقدند که میزان هدررفت عناصر غذایی از خاک در اثر فرسایش بادی از میزان هدررفت خاک به تنهایی مهم‌تر است. لذا مقادیر سدیم بالایی که در گرد و غبار همراه با شوری بالا مشاهده شده و همچنین مقدار بسیار زیادی از عناصر مفید خاک که طی هر دوره طوفان گرد و غبار از دسترس خارج می‌شوند، نشان‌دهنده تخریب اراضی دشت سیستان بوسیله فرسایش بادی است.

عبدووالی و دیگران (۲۰۱۰) معتقدند شرایط تبخیری بالا به‌دلیل تابش شدید خورشید و سطح زیاد آب و عمق کم آن در دریاچه‌های مناطق خشک و از سوی دیگر با توجه به نزاع‌های اجتماعی و منطقه‌ای که در مناطق خشک برای گسترش و توسعه آنها وجود دارد، انتقال یا حفاظت آب برای افزایش ورودی جریان به اینگونه دریاچه‌ها جهت کاهش فرسایش بادی و تخریب اراضی اقدامی ناپایداری است. این محققین معتقدند پژوهش‌ها باید بر روی بهبود خصوصیات خاک، شرایط مناسب برای زیست گیاهان بومی و احیای طبیعی سیستم دریاچه‌ها در این مناطق برای کاهش طوفان‌های گرد و غبار و فرسایش، تمرکز داشته باشند.

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعات نشان داد که خاک بستر تالاب‌های هامون به لحاظ بافت مساعد فرسایش هستند و خصوصیات شیمیایی آن نشان‌دهنده شور و قلیایی شدن و از بین رفتن پوشش گیاهی می‌باشد. خصوصیات گرد و غبار حمل شده از روی شهرهای دشت سیستان در دوره مطالعاتی نیز نشان داد که این خصوصیات منعکس کننده شرایط منشأ برداشت این رسوبات (بستر تالاب‌های هامون و خاک‌های مناطق بالادست آن) می‌باشد. از سوی دیگر چون گرد و غبار عمدتاً حاوی ذرات ریز خاک هستند، لذا مقادیر عناصر غذایی همراه با آنها بسیار بالاست که نسبت‌های بالای غنی‌شدن این مسئله را نشان می‌دهند. باید توجه داشت که در تالاب‌های هامون و سایر مناطق برداشت به علت فراهمی رسوبگذاری آبی (رودخانه‌های فراه رود، هیرمند و سایر خشکه رودها) معضل اصلی تخریب اراضی در اثر خشکسالی، شور و سدیمی شدن خاک، فرسایش بادی و هدررفت عناصر غذایی و در نتیجه آن کاهش حاصلخیزی و پوشش گیاهی می‌باشد که با گذشت زمان خطر اکولوژیک این موضوع برای ساکنان و محیط زیست منطقه سیستان با بروز طوفان‌های گرد و غبار شور به‌سرعت افزایش خواهد یافت.

سپاسگزاری

این مطالعه با حمایت مالی (شماره پژوهانه: UOZ-GR-9618-80) دانشگاه زابل انجام شده است. بدین وسیله، نویسندگان مراتب سپاس خود را از معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه زابل برای حمایت مالی انجام شده اعلام می‌دارند.

منابع

بصیرانی نصرالله (۱۳۷۱). بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و خاک‌های دشت سیستان، جموع مقالات سمینار بررسی مسائل مناطق بیابانی و کویری ایران.

تاجیک فواد؛ رحیمی حسن؛ پذیرا ابراهیم (۱۳۸۱). اثر مواد آلی خاک، هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم بر مقاومت کششی خاکدانه‌ها، مجله‌ی علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۳، صص ۱-۱۵.

حسین‌زاده سید رضا (۱۳۷۶). بادهای ۱۲۰ روزه سیستان، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۴۶، صص ۱۰۳-۱۲۸.

دانش شهرکی مهدی؛ شهریاری علی؛ گنجعلی مجتبی؛ بامری ابوالفضل (۱۳۹۵). تغییرات فصلی و مکانی نرخ گرد و غبار حمل شده از روی شهرهای دشت سیستان و ارتباط آن با برخی پارامترهای اقلیمی، نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۶ (۲۳): صص ۱۹۹ تا ۲۱۵.

ضیاءتوانا محمدحسن (۱۳۷۱). ویژگیهای محیط طبیعی چاله سیستان، جشن نامه گنجی، گیتاشناسی، ۱۸۵، صص ۲۱۷ تا ۲۱۳.

غلامعلی‌زاده‌آهنگر احمد؛ سارانی فریدون؛ هاشمی مسعود؛ شعبانی، اسماء (۱۳۹۳). مقایسه روش‌های رگرسیون خطی، زمین آماری و شبکه عصبی مصنوعی در مدل‌سازی کربن آلی در اراضی خشک دشت سیستان، نشریه آب و خاک، ۶(۲۸)، صص ۱۲۵۰-۱۲۶۰.

گندمکار امیر؛ کیارسی، فرینوش (۱۳۸۵). ارزیابی انرژی پتانسیل باد در کشور ایران، کنفرانس بین المللی انرژی برق،پژوهشگاه نیرو، تهران، ۲۱، صص ۲۰۹۴-۲۰۸۴.

لیث صفار یونس؛ جلالیان احمد؛ هاتفی امید (۱۳۹۴). بررسی کاربرد بنتونیت در جلوگیری از ریزگردها و گسترش بیابان زایی در خاک هایی با بافت لومی شنی، اولین کنفرانس بین المللی گرد و غبار، اهواز، دانشگاه شهید چمران، صص ۴۸۴ تا ۴۹۰.

محمودی زهره؛ خادمی حسین (۱۳۹۳). تشخیص منابع گرد و غبار اتمسفری اصفهان با استفاده از خصوصیات شیمیایی و کانی‌شناسی آن، نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۱(۲۱): صص ۲۳۳ تا ۲۱۷.

مهندسین مشاور رویان. (۱۳۸۷). دستورالعمل تجزیه‌های آزمایشگاهی برای مطالعات خاکشناسی. نشریه شماره ۴۶۷، دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت کاربردی رئیس جمهور. صص ۲۵۵.

میر حمزه؛ غلامعلی‌زاده احمد؛ شعبانی اسماء (۱۳۹۴). تعیین مهمترین پارامتر های موثر خاک بر فراهمی فسفر در دشت سیستان، نشریه آب و خاک،۶(۲۹)، صص ۱۶۷۴ تا ۱۶۸۷.

نادری‌زاده زینب؛ خادمی حسین؛ ایوبی شمس اله (۱۳۹۵). تعیین غلظت و میزان آلودگی فلزات سنگین در ریز گردهای بخشی از استان بوشهر، نشریه پژوش‌های حفاظت آب و خاک، ۳(۲۳)، صص ۱۸۷ تا ۱۷۱.

هاشمی مسعود: غلامعلی زاده آهنگر احمد: بامری ابوالفضل: سارانی فریدون: حجازی زاده ابوالفضل، (۱۳۹۵)، شناسایی و پهنه‌بندی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک با استفاده از روشهای زمین آماری در GIS (مورد مطالعاتی: منطقه میانکنگی؛ سیستان). نشریه آب و خاک، ۳۰ (۲)، صص ۴۴۳-۴۵۸.

Abuduwaili, J., Liu, D., Wu, G, (2010), Saline dust storms and their ecological impacts in arid regions, Journal of Arid Land, 2(2), pp 144–50.

Akhzari, D., Farokhzadeh, B., Saeedi, C, I., Goodarzi, M, (2015), Effects of Wind Erosion and Soil Salinization on Dust Storm Emission in Western Iran, Journal of Rangeland Science, 5(1), pp 36-48.

Al-Awadhi, J.M., AlShuaibi, A.A. (2013), Dust fallout in Kuwait city: Deposition and characterization, Science of the Total Environment, 461-462, pp 139-148.

Arnold, E, (1992), United Nations environment programme, World atlas of desertification, DOI: 10.1002/ldr.3400030407

Bhattachan, A., D'Odorico, P., Okin, G.S, (2015), Biogeochemistry of dust sources in Southern Africa, Journal of Arid Environments, 117, pp 18-27.

Breuning-Madsen, H., Awadzi, T W., Lyngsie, G, (2015), Deposition of Nutrients From Harmattan Dust in Ghana, West Africa, Pedosphere. 25(4), pp 613–621.

Bryant, K.L., Wilson, P.R., Biggs, A.J.W., Brough, D.M., Burgess, J.W, (2008), Soil Indicators of Queensland Wetlands: Statewide assessment and methodology, Department of Natural Resources and Water, Brisbane, pp 89.

Coppinger, K.D., Reiners, W.A., Burke, I.C., Olson, R.K, (1991), Net erosion on a sagebrush steppe landscape as determined by cesium 137 distribution. Soil Sci, Soc, Am, J, 55, pp 254-258.

Dahmardeh Behrooz, R, Esmaili-Sari, A, Bahramifar, N, Kaskaoutis, D.G, (2017), Analysis of the TSP, PM10 concentrations and water-soluble ionic species in airborne samples over Sistan, Iran during the summer dusty period. Atmospheric Pollution Research, 8 (3), pp 403-417.

Farsang, A.H., Bartus M., Négyesi, G, (2012), Estimation of nutrient movement caused by wind erosion on chernozems based on wind channel experiments, Geophysical Research Abstracts, 14, pp13798.

Haluschak, P, (2006), Laboratory Methods of soil analysis. Canada-Manitoba soil survey, April, pp 561.

Lang, L., Wang, X., Wang, G., Hua, T., Wang, H, (2015), Effects of aeolian processes on nutrient loss from surface soils and their significance for sandy desertification in Mu Us Desert, China: a wind tunnel approach, Journal of Arid Land, 7(4), pp 421–428.

Larney FJ, Bullock MS, Janzen HH, Ellert BH, Olson ES, (1998), Wind erosion effects on nutrient redistribution and soil productivity, J Soil Water Conserv 53(2), pp 133–140.

Li, J., Okin, G.S., Alvarez, L., Epstein, H, (2007), Quantitative effects of Vegetation cover on wind erosion and soil nutrient loss in a desert grassland of southern New Mexico, USA. Biogeochemistry, 85, pp 317–332.

Massey, H.F., Jackson, M.L., (1952), Selective erosion of soil fertility constituents. Soil Science Society of America Proceedings 16, pp 353-356.

Mirakzehi, K., Pahlavan-Rad, M., Shahriari, A., Bameri, A., (2018) Digital soil mapping of deltaic soils: a case of study from Hirmand (Helmand) River delta, Geoderma, 313: 233-240.

Modaihsh, A. S., Mahjoub, M.O, (2013). Falling Dust Characteristics in Riyadh City, Saudi Arabia During Winter Months, APCBEE Procedia, 5, pp 50–58.

Neff, J. C., Reynolds, R. L., Belnap, J., Lamothe, P, (2005), Multidecadal impacts of grazing on soil physical and biogeochemical properties in southeast Utah, Ecol, Appl, 15, pp 87–95.

Negaresh, h.v., Latifi, l, (2009), Origination of Wind Deposits in the East of Zabol Using Of Morphoscopy and Physical & Chemical Analysis of Sediments, Geography, and Environmental Planning, 1, pp 1-22

Noor, H., Mirnia, S.KH., Fazli, S., Raisi, M-B., Vafakhah, M, (2010), Application of MUSLE for the Prediction of phosphorus losses, Water Science and Technology, 62(4), pp 809-815.

Okin, G S., Mahowald, N., Chadwick, O A, (2004), Impact of desert dust on the biogeochemistry of phosphorus in terrestrial ecosystems. Global Biogeochemical Cycles, 18, GB2005, DOI: 10.1029/2003GB002145.

Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., Dean, L.A, (1954), Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate, U.S. Dept, of Agric, Circ, pp 939.

Opp, C., Groll, M., Aslanov, I., Lotz, T. Vereshagina, N, (2016), Aeolian dust deposition in the Southern Aral Sea Region (Uzbekistan): Ground-based monitoring results from the LUCA project. Quaternary International, (In press), http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2015.12.103.

Palis, R, Okwach, G, Rose, C, Saffigna, P, (1990), Soil Erosion processes, and nutrient loss. I. The interpretation of enrichment ratio and nitrogen loss in runoff sediment. Australian Journal of Soil Research, 28, pp 623-639.

Rashki, A., Kaskaoutis, D. G., Rautenbach, C. J dew., Eriksson, P. G., Qiang, M., Gupta, P, (2012), Dust storms and their horizontal dust loading in the Sistan region, Iran, Aeolian Research, 5, pp 51-62.

Rashki, A., Eriksson, P. G., Rautenbach, C.J.de W., Kaskaoutis, D. G., Grote, W., Dykstra, J, (2013) an Assessment of chemical and mineralogical characteristics of airborne dust in the Sistan region, Iran. In Chemosphere 90 (2), pp. 227-236

Rashki, A., Kaskaoutis, D. G., Goudie, A. S., Kahn, R. A, (2013) b, Dryness of ephemeral lakes and consequences for dust activity, The case of the Hamoun drainage basin, southeastern Iran. In Science of The Total Environment 463-464, pp. 552-564

Reynolds, R., Belnap, J., Reheis, M., Lamothe, P., Luiszer, F, (2001), Aeolian dust in Colorado Plateau soils: Nutrient inputs and a recent change in source, Proc Natl Acad Sci USA, 98 (13), pp 7123–7127.

Sarani, F., Ahangar, A.G., Shabani, A. (2016) Predicting ESP and SAR by artificial neural network and regression models using soil pH and EC data (Miankangi Region, Sistan and Baluchestan Province, Iran). Archives of Agronomy and Soil Science, 6 (1) pp 1-12. DOI: 10.1080/03650340.2015.1040398

Schaetzl, R. J., Anderson, S, (2005. Soils: Genesis and Geomorphology, Cambridge University Press, pp 833.

Shahriari, A., Danesh Shahraki., Ganjali, M., Bameri, A, (2016), The relationship between climate conditions and airborne dust abundance in Zabol and Hirmand cities, First International Conference on Dust, Ahwaz, Iran

Skidmore, E.L, (2000), Air, soil, and water quality as influenced by wind erosion and strategies for mitigation, SecondInternational Symposium of New Technologies for Environmental Monitoring and Agro-Applications Proceedings, Tekirdag, Turkey, pp 216-221.

Soderberg, K., Compton, J.S, (2007), Dust as a nutrient source for fynbos ecosystems, South Africa, Ecosystems, 10, pp 550–561.

Soil Survey Staff, (2004), Soil Survey Laboratory Methods Manual, Version No. 4.0.USDA-NRCS.

Stoorvogel, J J., Smaling, E. M. A, (1990), Assessment of soil nutrient depletion in Sub-Saharan Africa 1983–2000, Report 28, Winand Staring Centre, Wageningen.

Stoorvogel, J J., Van Breemen, N., Janssen B H, (1997), The nutrient input by Harmattan dust to a forest ecosystem in Cˆote d'Ivoire, Africa.Biogeochemistry. 37, pp 145–157.

Visser, S.M., Sterk, G, (2007.Nutrient dynamics wind and water erosion at the village scale in the Sahel, Land Degradation and Development, 18, pp 578–588.

Walkley A., Black, l.a, (1934), Chromic acid titration for determination of soil organic matter, Soil Science, 63, pp 251Pp.

Zobeck, T. M., Amantarozko, A, (2001), Effect of dust source clay and carbonate content on fugitive dust emissions, Proceedings of the US-EPA 10th Annual Emission Inventory, 89, pp 114-131.

Research Article

Investigation of some chemical properties and amounts of some nutrient elements of dust in Sistan Plain

Masoud AliSoufi[1], Ali Shahriari*[2]

Received: 10-03-2019 Revised: 20-06-2019 Accepted: 14-09-2019

Abstract

Land degradation is one of the major threats to ecosystems, especially in arid areas due to drought and wind erosion. Dust characteristics can indicate the extent of land degradation. The aim of this study is an assessment of some chemical characteristics and amounts of some nutrient elements of dust in the Sistan Plain. Twenty-five half-spindle shaped dust samplers were installed in the cities of the Sistan region. The dust samples were collected monthly from early April until late September in 2015. Topsoil samples from erodible or susceptible areas to erosion were taken (20 samples) from different parts of Hamoun wetlands (as the main origin of dust). After that pH, EC, organic matter, soil texture, and amount of soil nutrient elements including P, K, Na, Ca, and Mg were analyzed in samples. The Ca was the maximum nutrient elements associated with dust (average 700.28 mg/kg), and the minimum was P (average 33.76 mg/kg). The highest amount of Total (P, K, Ca, Mg and Na) nutrient elements were observed in August+September (461.43 mg/kg) and the minimum amount in May+June (353.78 mg/kg). The highest amount of OM, P, K, and Mg have observed in dust loaded over Zabol city (25.88 mg/kg, 45.75 mg/kg, 365.8 mg/kg and 667.32 mg/kg respectively), and the maximum amount of Ca was observed in Hamoun city (813.06 mg/kg) and the maximum amount of Ca was observed in Nimruz city (629.48 mg/kg). The highest amount of enrichment ratio belonged to P (6.002) and the lowest enrichment ratio belonged to Na (0.707). The results showed soil textures of Hamoun wetland beds are susceptible to erosion and its chemical properties showed salinization and alkalization and loss of vegetation cover. Characteristics of the dust carried over the cities of Sistan plain reflected the conditions of dust origin and indicated the expansion of land degradation in these areas.

Keywords: Dust storms, Land degradation, Soil nutrient elements, Hamoun wetlands.

[1]- M.Sc Graduated, Soil Science Department, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran
[2]*- Assistant Professor, Soil Science Department, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Iran. Email: shahriari.ali@uoz.ac.ir

References

References (in Persian)

Basirani, N, (1992), Assessment of physical and chemical properties of soils in Sistan, Seminar on desert region issues and Iran Wilderness.[In Persian]

Danesh shahraki, M, Shahriari, A, Ganjali, M, Bameri, A, (2017), Seasonal and Spatial Variability of Airborne Dust Loading Rate over the Sistan plain cities and its Relationship with some Climatic Parameters. J. of Water and Soil Conservation, 6 (23), pp 199-216. [In Persian]

Gandomkar,.and kiarasi,f, (2006), Estimate Wind Potential Energy in Iran country. International power system conference, Tehran. 21, pp 2084-2094. [In Persian]

Gholamallizade Ahangar, A. Sarani, F. Hashemi, M.and shabani, A, (2015), Comparison of Linear Regression Methods, Geostatistical and Artificial Neural Network Modeling of Organic Carbonin Dry Land of Sistan Plain, Journal of Water and Soil, 6 (28), pp 1250-1260. [In Persian]

Hashemi, M, Gholamalizadeh Ahangar, A, Bameri, A, Sarani, F, Hejazizadeh, A, (2016), Survey and Zoning of Soil Physical and Chemical Properties Using Geostatistical Methods in GIS (Case Study: Miankangi Region in Sistan), Journal of Water and Soil, 30 (2), pp 443-458. [In Persian]

Hoseinzade, S. R, (1997),120 days wind of Sistan, Geographical Research.46, pp 103-128. [In Persian]

Leys Saffar, Y., Jalalian, A., and Hatefi, A, (2016), Application of Bentonite to preventing dust and desertification inSandy Loam soils.First International Conference on Dust. Ahwaz, Iran, pp 484-490. [In Persian]

Mahmoodi, Z., and Khademi, h, (2014), Identification of the origin of atmospheric dust in Isfahan using its chemical and mineralogical properties. Journal of Water and Soil Conservation, 1 (21), pp 233-217.[In Persian]

Mir, H., Gholamallizadeh Ahangar, A., and shabani, A, (2016), Determination of the Most Important Soil Parameters Affecting the Availability of Phosphorus in Sistan Plain, Using Connection Weight Method in Neural Networks, Journal of Water and Soil, 9(26), pp 1674-1687. [In Persian]

Naderi zade, Z., Khademi, h., and Ayoubi, S, (2016), Determining the concentration and contamination level of heavy metals indust from selected areas of Bushehr Province, Journal of Water and Soil Conservation, 23(3), pp 171-187. [In Persian]

Rashki, A, (2016), Investigation of Sistan dust storms origin variation resulting Hamoun lake drynesss, First International Conference on Dust, Ahwaz, Iran, pp 497-503. [In Persian]

Tajik, F., Rahimi, H., and Pazira, A, (2002. The effect of soil organic matter, electrical conductivity and sodium adsorption ratio on the tensile strength of aggregates, Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 3, pp 1-15. [In Persian]

The Ruyan adviser engineers, (2015), Guidelines for Laboratory Analysis of Soil and Water Samples No.467, Office of Deputy for Strategic Supervision Bureau of Technical Execution System, pp 255P. [In Persian]

Zia Tavana, M.H, (1991), Natural characteristics Sistan. Celebration letter of Dr. Hosein Gangi in effort Iranpoor Joni, Cosmography, Tehran. [In Persian]

References (in English)

Abuduwaili, J., Liu, D., Wu, G, (2010), Saline dust storms and their ecological impacts in arid regions, Journal of Arid Land, 2(2), pp 144–50.

Akhzari, D., Farokhzadeh, B., Saeedi, C, I., Goodarzi, M, (2015), Effects of Wind Erosion and Soil Salinization on Dust Storm Emission in Western Iran, Journal of Rangeland Science, 5(1), pp 36-48.

Al-Awadhi, J.M., AlShuaibi, A.A. (2013), Dust fallout in Kuwait city: Deposition and characterization, Science of the Total Environment, 461-462, pp 139-148.

Arnold, E, (1992), United Nations environment programme, World atlas of desertification, DOI: 10.1002/ldr.3400030407

Bhattachan, A., D'Odorico, P., Okin, G.S, (2015), Biogeochemistry of dust sources in Southern Africa, Journal of Arid Environments, 117, pp 18-27.

Breuning-Madsen, H., Awadzi, T W., Lyngsie, G, (2015), Deposition of Nutrients From Harmattan Dust in Ghana, West Africa, Pedosphere. 25(4), pp 613–621.

Bryant, K.L., Wilson, P.R., Biggs, A.J.W., Brough, D.M., Burgess, J.W, (2008), Soil Indicators of Queensland Wetlands: Statewide assessment and methodology, Department of Natural Resources and Water, Brisbane, pp 89.

Coppinger, K.D., Reiners, W.A., Burke, I.C., Olson, R.K, (1991), Net erosion on a sagebrush steppe landscape as determined by cesium 137 distribution. Soil Sci, Soc, Am, J, 55, pp 254-258.

Dahmardeh Behrooz, R, Esmaili-Sari, A, Bahramifar, N, Kaskaoutis, D.G, (2017), Analysis of the TSP, PM10 concentrations and water-soluble ionic species in airborne samples over Sistan, Iran during the summer dusty period. Atmospheric Pollution Research, 8 (3), pp 403-417.

Farsang, A.H., Bartus M., Négyesi, G, (2012), Estimation of nutrient movement caused by wind erosion on chernozems based on wind channel experiments, Geophysical Research Abstracts, 14, pp13798.

Haluschak, P, (2006), Laboratory Methods of soil analysis. Canada-Manitoba soil survey, April, pp 561.

Lang, L., Wang, X., Wang, G., Hua, T., Wang, H, (2015), Effects of aeolian processes on nutrient loss from surface soils and their significance for sandy desertification in Mu Us Desert, China: a wind tunnel approach, Journal of Arid Land, 7(4), pp 421–428.

Larney FJ, Bullock MS, Janzen HH, Ellert BH, Olson ES, (1998), Wind erosion effects on nutrient redistribution and soil productivity, J Soil Water Conserv 53(2), pp 133–140.

Li, J., Okin, G.S., Alvarez, L., Epstein, H, (2007), Quantitative effects of Vegetation cover on wind erosion and soil nutrient loss in a desert grassland of southern New Mexico, USA. Biogeochemistry, 85, pp 317–332.

Massey, H.F., Jackson, M.L., (1952), Selective erosion of soil fertility constituents. Soil Science Society of America Proceedings 16, pp 353-356.

Mirakzehi, K., Pahlavan-Rad, M., Shahriari, A., Bameri, A., (2018) Digital soil mapping of deltaic soils: a case of study from Hirmand (Helmand) River delta, Geoderma, 313: 233-240.

Modaihsh, A. S., Mahjoub, M.O, (2013). Falling Dust Characteristics in Riyadh City, Saudi Arabia During Winter Months, APCBEE Procedia, 5, pp 50–58.

Neff, J. C., Reynolds, R. L., Belnap, J., Lamothe, P, (2005), Multidecadal impacts of grazing on soil physical and biogeochemical properties in southeast Utah, Ecol, Appl, 15, pp 87–95.

Negaresh, h.v., Latifi, l, (2009), Origination of Wind Deposits in the East of Zabol Using Of Morphoscopy and Physical & Chemical Analysis of Sediments, Geography, and Environmental Planning, 1, pp 1-22

Noor, H., Mirnia, S.KH., Fazli, S., Raisi, M-B., Vafakhah, M, (2010), Application of MUSLE for the Prediction of phosphorus losses, Water Science and Technology, 62(4), pp 809-815.

Okin, G S., Mahowald, N., Chadwick, O A, (2004), Impact of desert dust on the biogeochemistry of phosphorus in terrestrial ecosystems. Global Biogeochemical Cycles, 18, GB2005, DOI: 10.1029/2003GB002145.

Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., Dean, L.A, (1954), Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate, U.S. Dept, of Agric, Circ, pp 939.

Opp, C., Groll, M., Aslanov, I., Lotz, T. Vereshagina, N, (2016), Aeolian dust deposition in the Southern Aral Sea Region (Uzbekistan): Ground-based monitoring results from the LUCA project. Quaternary International, (In press), http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2015.12.103.

Palis, R, Okwach, G, Rose, C, Saffigna, P, (1990), Soil Erosion processes, and nutrient loss. I. The interpretation of enrichment ratio and nitrogen loss in runoff sediment. Australian Journal of Soil Research, 28, pp 623-639.

Rashki, A., Kaskaoutis, D. G., Rautenbach, C. J dew., Eriksson, P. G., Qiang, M., Gupta, P, (2012), Dust storms and their horizontal dust loading in the Sistan region, Iran, Aeolian Research, 5, pp 51-62.

Rashki, A., Eriksson, P. G., Rautenbach, C.J.de W., Kaskaoutis, D. G., Grote, W., Dykstra, J, (2013) an Assessment of chemical and mineralogical characteristics of airborne dust in the Sistan region, Iran. In Chemosphere 90 (2), pp. 227-236

Rashki, A., Kaskaoutis, D. G., Goudie, A. S., Kahn, R. A, (2013) b, Dryness of ephemeral lakes and consequences for dust activity, The case of the Hamoun drainage basin, southeastern Iran. In Science of The Total Environment 463-464, pp. 552-564

Reynolds, R., Belnap, J., Reheis, M., Lamothe, P., Luiszer, F, (2001), Aeolian dust in Colorado Plateau soils: Nutrient inputs and a recent change in source, Proc Natl Acad Sci USA, 98 (13), pp 7123–7127.

Sarani, F., Ahangar, A.G., Shabani, A. (2016) Predicting ESP and SAR by artificial neural network and regression models using soil pH and EC data (Miankangi Region, Sistan and Baluchestan Province, Iran). Archives of Agronomy and Soil Science, 6 (1) pp 1-12. DOI: 10.1080/03650340.2015.1040398

Schaetzl, R. J., Anderson, S, (2005. Soils: Genesis and Geomorphology, Cambridge University Press, pp 833.

Shahriari, A., Danesh Shahraki., Ganjali, M., Bameri, A, (2016), The relationship between climate conditions and airborne dust abundance in Zabol and Hirmand cities, First International Conference on Dust, Ahwaz, Iran

Skidmore, E.L, (2000), Air, soil, and water quality as influenced by wind erosion and strategies for mitigation, SecondInternational Symposium of New Technologies for Environmental Monitoring and Agro-Applications Proceedings, Tekirdag, Turkey, pp 216-221.

Soderberg, K., Compton, J.S, (2007), Dust as a nutrient source for fynbos ecosystems, South Africa, Ecosystems, 10, pp 550–561.

Soil Survey Staff, (2004), Soil Survey Laboratory Methods Manual, Version No. 4.0.USDA-NRCS.

Stoorvogel, J J., Smaling, E. M. A, (1990), Assessment of soil nutrient depletion in Sub-Saharan Africa 1983–2000, Report 28, Winand Staring Centre, Wageningen.

Stoorvogel, J J., Van Breemen, N., Janssen B H, (1997), The nutrient input by Harmattan dust to a forest ecosystem in Cˆote d'Ivoire, Africa.Biogeochemistry. 37, pp 145–157.

Visser, S.M., Sterk, G, (2007.Nutrient dynamics wind and water erosion at the village scale in the Sahel, Land Degradation and Development, 18, pp 578–588.

Walkley A., Black, l.a, (1934), Chromic acid titration for determination of soil organic matter, Soil Science, 63, pp 251Pp.

Zobeck, T. M., Amantarozko, A, (2001), Effect of dust source clay and carbonate content on fugitive dust emissions, Proceedings of the US-EPA 10th Annual Emission Inventory, 89, pp 114-131.