Archive of SID

نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال هشتم، شماره سوم، بهار ۱۳۹۸

ISSN 2251-7480

توزیع اندازه ذرات حاصل از فرسایش خاک‌های اطراف دریاچه ارومیه جمع‌آوری شده بوسیله نمونه‌گیر BSNE[1]

فاطمه ذبیحی[1]، مهرداد اسفندیاری[2]، محمدرضا دلالیان[3*] و ابوالفضل معینی[4]

۱)دانشجوی دکتری، گروه علوم خاک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران

۲)استادیار، گروه علوم خاک، دانشگاه آزاد اسلامی- واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران

*۳) استادیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه آزاد اسلامی- واحد تبریز، تبریز، ایران

* نویسنده مسئول مکاتبات: mdalalian@iaut.ac.ir

۴)استادیار، گروه آبخیزداری، دانشگاه آزاد اسلامی- واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۱/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۱۵

چکیده:

در سال‌های اخیر دریاچه ارومیه به‌علت کاهش شدید تراز آب خود، به یکی از منابع اصلی گرد و غبار در ایران تبدیل شده است. یکی از اطلاعات ضروری برای تصمیم‌گیری درخصوص چگونگی رفتار با این مسأله، آگاهی از توزیع اندازه ذراتی است که در ارتفاعات مختلف از سطح زمین در حال حرکت است. جهت به تله انداختن ذرات گرد و غبار حاصل از فرسایش بادی خاک‌های اطراف دریاچه ارومیه یکی از کانون‌های گرد و غبار واقع در جنوب شرق دریاچه ارومیه در فاصله ۳۰ کیلومتری جاده تبریز- آذرشهر انتخاب و از نمونه‌گیرهای BSNE (Big Spring Number Eight) استفاده گردید. ۱۴ عدد دیرک که بر روی هر کدام چهار نمونه‌گیر در ارتفاع‌های ۰/۱۵، ۰/۵، ۱ و ۲ متری از سطح زمین قرار گرفته شده بود، در الگویی دایره‌ای شکل نصب گردید. نمونه‌گیرها در ۱۲ دوره زمانی (از اسفند ۱۳۹۴ تا بهمن ۱۳۹۵) تخلیه شده و و توزیع اندازه ذرات و نیمرخ عمودی ذرات جمع‌آوری گردیده تعیین شد. نتایج نشان داد مقدار درصد ذرات ریز (۰/۱۵ - ۰/۰۵۳ میلی‌متر) بیشتر از ذرات درشت (۱- ۰/۲۵ میلی‌متر) است. بیشترین مقدار ذرات ریز در ارتفاعات ۱۰۰ و۲۰۰ سانتی‌متری و بیشترین مقدار ذرات درشت در ارتفاع ۱۵ سانتی‌متری از سطح زمین دیده شد. با افزایش ارتفاع از سطح زمین، وزن ذرات جمع‌آوری شده کاهش یافت. رابطه توانی بهترین تابع برای تشریح تغییرات وزن ذرات جمع‌آوری شده و ارتفاع از سطح زمین بود. نتایج نشان‌دهنده همبستگی منفی بین مجموع بارندگی ماهانه و وزن ذرات جمع‌آوری شده بود.

کلید واژه‌ها: ارتفاع از سطح زمین؛ ذرات معلق؛ فرسایش بادی؛ کانون گرد و غبار ؛ نیمرخ عمودی

[1]- برگرفته از رساله دکتری

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

طبق گزارش FAO در حدود ۴۳۰ میلیون هکتار از اراضی خشک جهان که در برگیرنده ۴۰ درصد از سطح زمین است، مستعد فرسایش بادی است (FAO, 2015). مقدار کل فرسایش بادی در ایران در حدود ۱/۳ میلیارد تن در سال و در حدود ۷/۸ تن در هکتار در سال است. در واقع بیش از ۷۵ درصد از اراضی کشورمان متأثر از فرسایش بادی است (اختصاصی و زارع چاهوکی، ۱۳۹۴). شرایط نامساعد محیطی متأثر از زمین شناسی و اقلیم در کنار فعالیت‌های انسانی زمینه را برای وقوع فرسایش بادی بسیار مساعد نموده است. بسیاری از اثرات زیان‌آور فرسایش بادی بوسیله ذرات معلق (ذرات با قطرکوچکتراز ۰/۱ میلی‌متر) که در رویدادهای فرسایش تولید می‌گردد، ایجاد می‌شود. این اثرات مضر شامل: کاهش حاصلخیزی خاک، کاهش میدان دید که منجر به بسته شدن فرودگاه‌ها و سوانح جاده‌ای می‌شود، آلودگی غذا و آب آشامیدنی، آلودگی هوا، مشکلات تنفسی و خسارات اقتصادی است (Mirzamostafa *et al.*, 1998). مطالعات زیادی میزان فرسایش بادی کل و انتقال گرد و غبار را تخمین زده - است، اما بعلت اینکه باد فقط حرکت دهنده گرد و غبار نیست، بلکه ذرات درشت تر خاک (شن) را نیز حرکت می‌دهد، در نتیجه تخمین میزان فرسایش بادی بویژه گرد و غبار غیرقطعی خواهد بود. فائو (۲۰۱۵) میزان انتشار جهانی گرد و غبار در محدوده 5×10^{11} kg – $10^{11}\times$ ۳۳/۲ در یک‌سال گزارش کرده است. مطالعاتی که در خصوص منابع گرد و غبار با استفاده از صنایع ماهواره‌ای با دقت بسیار بالا در مقیاس جهانی صورت گرفته است، نشان داده است که در حدود ۷۵ درصد از منابع انتشار گرد و غبار، منابع طبیعی بوده و باقیمانده (۲۵ درصد) به نیروی انسانی نسبت داده شده است (FAO, 2015).

طبق گزارش تجریشی (۱۳۹۵) دریاچه ارومیه واقع در شمال‌غرب ایران یکی از منابع اصلی گرد و غبار در ایران می‌باشد. این دریاچه بعلت برخی دلایل اقلیمی مانند کاهش میزان نزولات جوی و دلایل انسانی مانند مصرف بی‌رویه آب بویژه در بخش کشاورزی و احداث سدهای متعدد بر روی رودخانه‌های منتهی به دریاچه و حفر چاه‌های متعدد غیرمجاز، شاهد افت زیادی در سطح تراز آب خود می‌باشد. طبق گزارشات، در طی ۲۰ سال اخیر (۱۳۷۴ تا ۱۳۹۴) تراز آب دریاچه ارومیه ۸ متر افت داشته است (تجریشی، ۱۳۹۵). وسعت دریاچه ارومیه ۵۸۲۲ کیلومترمربع می‌باشد که طبق گزارشات رسمی در سال ۱۳۹۲ بیش از ۸۰٪ آن خشک شده است، یعنی مساحتی در حدود ۴۶۵۷ کیلومتر مربع تبدیل به پهنه‌های نمکی شده و متأسفانه این روند همچنان ادامه دارد، در نتیجه این منطقه شدیداً مستعد فرسایش بادی، بویژه برخاستن ذرات معلق گرد و غبار بوده و به عنوان منبع اصلی گرد و غبار در شمال غرب ایران محسوب می-شود(اصغری زمانی، ۱۳۹۲). اگرچه مطالعات زیادی در خصوص معرفی راهکارهایی برای بازگرداندن سطح تراز آب این دریاچه انجام شده است، اما اطلاعاتی در خصوص ذرات معلق ایجاد شده توسط فرسایش بادی اراضی خشک شده اطراف دریاچه ارومیه وجود ندارد. توجه مسئولین دولتی نیز، بخصوص ستاد احیای دریاچه ارومیه منوط به برگرداندن تراز آب این دریاچه می باشد، فلذا تحقیق در خصوص فرسایش بادی و توزیع اندازه ذرات گرد و غبار در این منطقه بسیار ضروری می‌باشد. طوفان‌های گرد و غبار که منجر به انتقال شدید گرد و غبار می‌گردد، خطر جدی برای بشر محسوب می‌شود (Dong *et al.*, 2010). اگر انتقال ذرات گرد و غبار ادامه پیدا کرده و این ذرات پس از طی مسافتی بر روی سطح خاک ته‌نشین شود، شوری بالای این ذرات باعث افزایش شوری خاک‌های اطراف مخصوصاً زمین‌های کشاورزی

www.SID.ir

Archive of SID

منطقه خواهد گردید. همچنین در اثر خشک‌شدن دریاچه ارومیه آسیب‌های جدی به وضعیت سلامت و بهداشت ساکنین منطقه که بیش از ۷ میلیون نفر را شامل می‌گردد (من جمله بیماری‌های سرطان، آسیب‌های چشمی، پوستی و تنفسی)، خواهد رسید (تجریشی، ۱۳۹۵).

پیشرفت در توصیف نظری حرکت ذرات خاک توسط باد، تا زمانیکه تجهیزات لازم برای به تله انداختن و مطالعه این ذرات توسعه نیابد، امکان‌پذیر نخواهد بود. تونل‌های بادی طراحی شده برای مطالعه این پدیده، حداکثر ارتفاع ذرات مورد مطالعه را محدود می‌نماید. به‌طور نرمال، ارتفاع ذرات نباید بیشتر از یک چهارم یا یک سوم ارتفاع تونل باشد. همچنین انتقال داده‌های مربوط به فرسایش خاک در تونل بادی به فرسایش معادل از صحرا مشکل بوده و اجازه مطالعه طولانی مدت پدیده‌های فرسایش را نمی‌دهد (Fryrear *et al.*, 1991). استفاده از نمونه‌گیرها جهت مطالعه ذرات معلق از سال ۱۹۵۷ آغاز شده و تغییرات زیادی در جهت افزایش کارایی در آن‌ها روی داده است. دونالد فریر اولین بار در سال ۱۹۸۶ برای جمع‌آوری ذرات معلق، نمونه‌گیرهای BSNE (Big Spring Number Eight) را ساخته و مورد بهره‌برداری قرار داد. طبق یافته‌های او، نمونه‌گیر BSNE توسعه یافته‌ترین نمونه‌گیر نسبت به نمونه‌گیرهای دیگر ساخته شده تا آن زمان بود. از مهترین ویژگی‌های این نمونه‌گیر، توانایی جهت‌یابی به سمت بادهای فرساینده، امکان جمع‌آوری نمونه‌ها از ارتفاعات مختلف در یک موقعیت یکسان، ساده بودن ساخت آن، کمترین نیاز به نگهداری و مراقبت برای دوره‌های طولانی مدت است. همچنین با دوام بوده و قابلیت بدست آوردن داده‌های مربوط به توزیع عمودی و افقی را داراست (Fryrear, 1986). مطالعاتی که در خصوص مقایسه این نمونه‌گیر با نمونه‌گیرهای دیگر صورت گرفته است، نشان داده است که این نمونه‌گیر یکی از نمونه‌گیرهای کارا و قابل اطمینان برای اندازه‌گیری‌های صحرایی است، زیرا کارایی آن با افزایش سرعت باد، به آرامی تغییر می‌کند (Goossens and Offer, 2000; Shannak *et al.*, 2014; Goossens and Buck, 2012; Dong *et al.*, 2010). متأسفانه تاکنون در کشور از نمونه‌گیر BSNE استفاده نگردیده است. نادری زاده و همکاران (۱۳۹۲) در مطالعه‌ای که بر روی توزیع اندازه ذرات و غلظت برخی عناصر موجود در گرد و غبار مناطق شهری (بوشهر) و صنعتی (عسلویه) داشتند، از برگ‌های درخت نخل بعنوان نمونه‌گیر گرد و غبار استفاده نمودند. در مطالعه‌ای که توسط اسدزاده و همکاران (۱۳۹۶) بر روی توزیع اندازه ذرات نهشته‌های بادی در بخشی از ساحل غربی دریاچه ارومیه صورت گرفت، نتیجه گرفتند که منطقه مورد مطالعه در مقایسه با سایر بیابان‌های جهان دارای اندازه ذرات با میانگین قطر بزرگتر (۳۱۰ میکرومتر) و جورشدگی ضعیف‌تری است. نمونه‌های مورد مطالعه به طور میانگین داری ۹۷ درصد ذرات کوچکتر از ۸۴۰ میکرومتر بوده و بسیار مستعد فرسایش بادی بود. حدود ۸۰ درصد ذرات قابلیت انتقال توسط فرایند جهش و حدود ۱۷ درصد توسط فرایند تعلیق را دارا بود.

با توجه به اهمیت موضوع دریاچه ارومیه در کشور، ضرورت مطالعه رسوبات حاصل از فرسایش بادی در مناطق خشک شده اطراف این دریاچه بیش از پیش احساس می‌شود. به منظور ارائه پیشنهادات و راه‌حل‌هایی جهت برخورد با پدیده فرسایش بادی و ذرات گرد و غبار حاصل از آن، نیاز به ابزار کارآمدی جهت به تله انداختن این ذرات و مطالعه آنها وجود دارد. از طرفی جهت جلوگیری از آسیب‌دیدگی بخش‌های مختلف از جمله کشاورزی، دامداری، سلامت و بهداشت مردم، لزوم دانستن مقدار این ذرات و نحوه توزیع اندازه آنها در زمان‌ها و ارتفاعات مختلف از سطح زمین ضروری است. هدف از این تحقیق جمع‌آوری ذرات گرد و غبار حاصل از فرسایش بادی اطراف دریاچه ارومیه بوسیله نمونه‌گیر BSNE، تعیین توزیع اندازه ذرات و تعیین نیم‌رخ عمودی

www.SID.ir

Archive of SID

ذرات نمونه‌برداری شده در ارتفاعات مختلف از سطح زمین و در زمان‌های مختلف می‌باشد.

مواد و روش‌ها

۱- منطقه مورد آزمایش

منطقه مورد تحقیق، منطقه‌ای در جنوب شرقی دریاچه ارومیه بوده که از کانون‌های گرد و غبار می‌باشد (شکل ۱). این منطقه در ۳۰ کیلومتری جاده تبریز- آذرشهر، روستای خاصلو از توابع بخش گوگان واقع شده است. مختصات جغرافیایی مرکز محدوده مورد مطالعه، طول شرقی E ″۲۶ ′۵۱ °۴۵ و عرض شمالی N ″۴۳ ′۴۷ °۳۷ می‌باشد. اقلیم منطقه سرد و نیمه خشک بوده و شدیداً مستعد فرسایش بادی است (تجریشی، ۱۳۹۵). زمین تقریباً مسطح، عدم پوشش گیاهی و سرعت باد بالا و بارندگی کم از ویژگی‌هایی‌ست که این منطقه را برای مطالعه فرسایش بادی بسیار مناسب نموده است.

شکل ۱. سمت راست) موقعیت مکانی منطقه مورد مطالعه. سمت چپ) نقشه کانون‌های شناسایی شده گرد و غبار اطراف دریاچه ارومیه با استفاده از شاخص شدت-فراوانی وقوع (تجریشی، ۱۳۹۵)

جدول ۱. نتایج آنالیز شیمیایی و فیزیکی خاک منطقه مورد تحقیق

SAR	pH	EC_e (dS/m)	OC %	T.N.V %	وزن مخصوص ظاهری ($gr.cm^{-3}$)	کلاس بافت خاک	Clay %	Silt %	Sand %	عمق نمونه‌برداری (cm)
۸۰/۵	۷/۸۴	۱۴۳/۱	۰/۴۵	۱۶/۲۵	۱/۳۴	C-L	۳۲	۴۰	۲۸	۱۵-۰

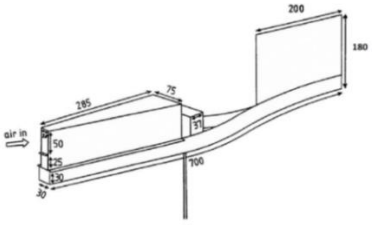
۲- ابزار صحرایی

در این تحقیق از نمونه‌گیرهای BSNE اصلاح شده با دهانه عمودی با پهنای ۲۰ میلی‌متر و ارتفاع ۵۰ میلی‌متر استفاده گردید. نمونه‌گیر از فلز گالوانیزه با شماره ۲۸ (نشان‌دهنده ضخامت ورق) ساخته شد. از غربال ضد زنگ با مش ۱۸ (منافذ برابر یک میلی‌متر) در دهانه نمونه‌گیر جهت ورود ذرات معلق به نمونه‌گیر و از غربال ضد زنگ با مش ۱۲۰ (منافذ برابر ۰/۱۲۵ میلی‌متر) در بالای نمونه‌گیر جهت اجازه دادن به خروج هوا، استفاده گردید. مواد منتقل شده توسط باد در سینی نمونه‌گیر

www.SID.ir

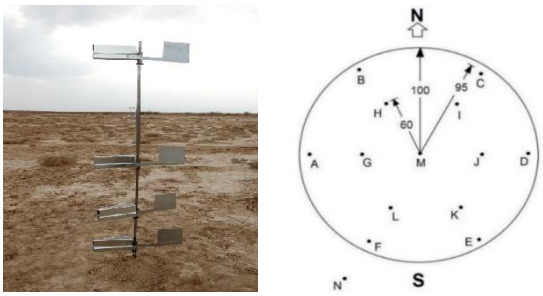
Archive of SID

انباشته می‌گردید. صفحه‌ای با ابعاد ۲۰۰×۱۸۰ میلی‌متر به‌عنوان دم نمونه‌گیر در نظر گرفته شد که به‌همراه واشر تعبیه شده در قسمت تحتانی هر نمونه‌گیر، اجازه چرخیدن نمونه‌گیرها را در جهت باد غالب می‌داد. شکل شماتیک این نمونه‌گیر در شکل۲ آورده شده است.



شکل۲. نمونه‌گیرBSNE (ابعاد به میلی‌متر)

تعداد چهار عدد نمونه‌گیر بر روی یک دیرک پایه‌دار (لوله فولادی با قطر ۲۵ میلی‌متر) در ارتفاعات ۰/۱۵– ۰/۵– ۱ و ۲ متری از سطح زمین (Fryrear *et al.*, 1991) (شکل۳- سمت چپ) نصب گردید. تعداد ۱۴ عدد دیرک در یک الگوی دایره‌ای شکل (شکل۳-سمت راست) در زمینی به مساحت حدود ۳/۱۴ هکتار نصب گردید. این حالت اجازه جمع‌آوری داده‌های صحرایی را صرف نظر از جهت باد را می‌دهد و محدوده‌ای از طول‌های صحرایی را با کمترین تعداد محل‌های قرارگیری نمونه‌گیر فراهم می‌کند (در الگوی مستطیلی شکل، زمانی که جهت باد تغییر کند، فاصله افقی که توسط نمونه‌گیرها نمونه‌برداری می‌شود، نیز تغییر خواهد کرد و این موضوع مقایسه نتایج فرسایش را برای جهت‌های متغیر باد مشکل می‌کند) (Fryrear *et al.*, 1991)



شکل۳. راست) نقشه نصب۱۴ عدد دیرک در محدوده مورد مطالعه – چپ) تصویر یکی از دیرک‌ها که چهار عدد نمونه‌گیر در ارتفاعات۰/۱۵– ۰/۵– ۱ و ۲ متری از سطح زمین بر روی آن نصب گردیده است

۳-جمع آوری نمونه‌ها و روش تجزیه و تحلیل

جمعاً تعداد ۵۶ عدد نمونه‌گیر در الگویی که ذکر شد، نصب گردید. به مدت ۱۲ ماه (از اسفند ماه ۱۳۹۴ تا بهمن ماه ۱۳۹۵) در پایان هر ماه، سینی نمونه‌گیرها تخلیه شده و ذرات جمع‌آوری شده پس از خشک شدن جهت انجام آزمایشات به آزمایشگاه منتقل گردید. مقدار نمونه-های بدست آمده از نمونه‌گیر بسته به سرعت باد، ارتفاع نمونه‌گیر از سطح زمین، زمان نمونه برداری متغیر بود. بنابراین منحنی‌های نیمرخ عمودی ذرات جمع‌آوری شده بوسیله نمونه‌گیر در ارتفاعات مختلف و ماه‌های مختلف ترسیم گردید. همچنین جهت آزمایشات اولیه، نمونه‌های دست خورده و نخورده از خاک منطقه تهیه و به آزمایشگاه منتقل گردید. جهت تعیین توزیع اندازه ذرات جمع‌آوری شده بوسیله نمونه‌گیرBSNE ، از سری الک-های با مش‌های۱۸، ۳۰، ۶۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۲۷۰ و۴۰۰ با قطر منافذ به ترتیب ۱، ۰/۵۹۵، ۰/۲۵، ۰/۱۴۹، ۰/۰۷۴، ۰/۰۵۳ و ۰/۰۳۷ میلی‌متر استفاده گردید.

نمودارهای مورد نیاز به‌وسیله نرم افزار Excel رسم گردید. اطلاعات هواشناسی منطقه در طول مدت اجرای تحقیق از اداره هواشناسی شهرستان تبریز (جدول۲) اخذ گردید. محدوده سرعت‌های متوسط باد از ۳/۳ تا ۸/۱ متر بر ثانیه متغیر بود. ماکزیمم سرعت شدیدترین باد منطقه ۲۰ متر بر ثانیه بود. حداقل دید افقی از ۲۰ متر در دی ماه ۱۳۹۵ تا هفت کیلومتر در مرداد ماه ۱۳۹۵ متغیر بود. بیشترین مقدار بارندگی ۶۸/۶ میلی‌متر در فروردین ماه ۱۳۹۵ و کمترین آن صفر میلی‌متر در مرداد ماه ۱۳۹۵بود. مقایسه اطلاعات هواشناسی منطقه در طول دوره تحقیق با میانگین ۱۱ ساله نشان داد که ماکزیمم سرعت شدیدترین باد ۸۰ متر بر ثانیه در ماه سپتامبر (شهریور) گزارش شده بود. بیشترین متوسط مقدار

www.SID.ir

Archive of SID

بارندگی ۵۳/۴۱ میلی‌متر در ماه آوریل (فروردین) و کمترین آن ۲/۱۹ میلی‌متر در ماه آگوست (مرداد) گزارش شده بود. لازم به ذکر است که ماه‌های بیشترین و کمترین مقدار بارندگی با گزارش هواشناسی در دوره زمانی مورد تحقیق مطابقت داشت.

جدول۲. اطلاعات هواشناسی ایستگاه هواشناسی سینوپتیک شهرستان تبریز–خسروشهر (ماه‌های اسفند ۱۳۹۴ تا بهمن۱۳۹۵)

تاریخ	سرعت متوسط ماهانه باد($m.s^{-1}$)	سرعت شدیدترین باد	جهت باد غالب (درجه)	مجموع مقدار بارندگی (mm)	دید افقی (km)	
					حداقل	حداکثر
اسفند۹۴	۸/۷	۱۵	۳۶۰	۱/۵	۲/۵	۲۵
فروردین۹۵	۴/۴	۱۹	۳۳۰	۴۶/۶	۰/۳	۳۰
اردیبهشت۹۵	۶/۸	۱۶	۳۴۰	۲۶/۱	۲/۳	۳۰
خرداد۹۵	۷/۵	۱۹	۲۱۰	۱/۱	۲	۲۵
تیر۹۵	۵۷/۶	۱۶	۰۷۰	۳/۳	۵	۲۵
مرداد۹۵	۶/۱	۱۳	۰۶۰	۱/۸	۷	۲۰
شهریور۹۵	۷/۱	۱۷	۳۵۰	۱/۷	۴	۲۷
مهر۹۵	۷/۷	۱۸	۳۵۰	۱/۳	۲/۵	۳۵
ابان۹۵	۵/۴	۱۰	۲۳۰	۲۶/۴	۰/۵	۳۰
اذر۹۵	۴/۸	۶	۳۵۰	۲۳	۰/۱۵	۳۰
دی ۹۵	۳/۳	۶	۳۰۰	۲۴/۶	۰/۰۲	۱۲
بهمن۹۵	۴/۳	۱۲	۱۵۰	۲۲/۴	۰/۳	۳۰

نتایج و بحث

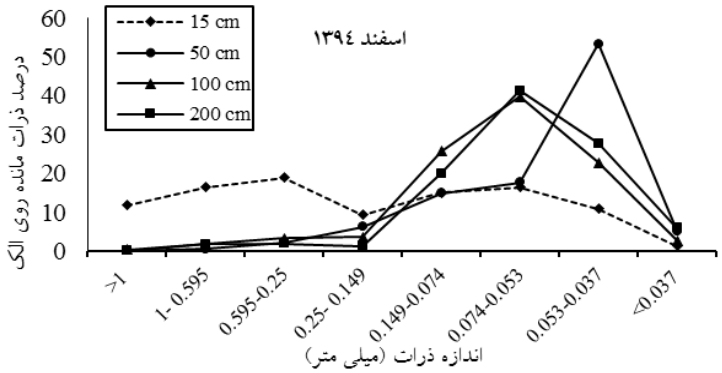
۱-توزیع اندازه ذرات

توزیع اندازه ذرات جمع‌آوری شده از هر نمونه‌گیر در ۱۲ ماه (اسفند۱۳۹۴ تا بهمن۱۳۹۵) در شکل‌های ۴ تا ۱۵ نشان داده شده است. در محور x ها اندازه ذرات (به میلی‌متر) و در محور y ها، درصد ذرات باقیمانده بر روی هر الک و ارتفاع از سطح زمین به صورت خطوط مختلف نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، درصدی بالایی از ذرات مانده روی الک مربوط به ذرات ریز (قطر ذرات در اندازه‌های ۰/۰۱۴۷–۰/۱۴۹ و ۰/۰۵۳–۰/۰۷۴ میلی‌متر) بود.. همچنین نمودارها نشان می‌دهد که ذرات درشت (قطر ذرات در اندازه‌های ۱< ، ۰/۵۹۵–۱ و ۰/۲۵–۰/۵۹۵ میلی‌متر) بیشتر در ارتفاع ۱۵ سانتی‌متری از سطح زمین در حال حرکت بوده، اما ذرات ریز بیشتر در ارتفاعات ۱۰۰ و۲۰۰ سانتی‌متر از سطح زمین در حال حرکت می‌باشد. این نتیجه با نتایج Zobeck و Fryrear (۱۹۸۶) مطابقت دارد. آنها در تحقیقی که بر روی نمونه-های جمع‌آوری گردیده از ارتفاع ۰/۱۵ تا ۴ متری انجام دادند به این نتیجه رسیدند که درصد ذرات سیلت و رس با افزایش ارتفاع از سطح زمین افزایش و درصد ذرات شن کاهش می‌یابد. در مطالعه‌ای که Wang و همکاران (۲۰۱۵) بر روی انتشار ذرات گرد و غبار در مناطق خشک و نیمه خشک کشور چین انجام دادند، نتیجه گرفتند که در طول مدت فرایندهای انتقال ذرات فرسایش یافته بادی، حد متوسط ذرات معلق ۰/۰۶۶ میلی‌متر و در طول مدت فرایندهای انتقال رسوبات، حد متوسط ذرات معلق ۰/۰۸۳ میلی‌متر بود. متوسط اندازه ذرات رسوبات بادی بین ۰/۱۸ تا ۱/۸۲ میلی‌متر بود. محمودآبادی و زمانی (۱۳۹۱) نتیجه گرفتند که اندازه ذرات

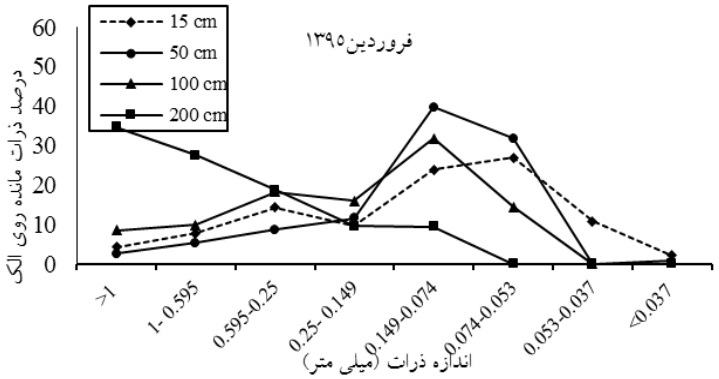
www.SID.ir

Archive of SID

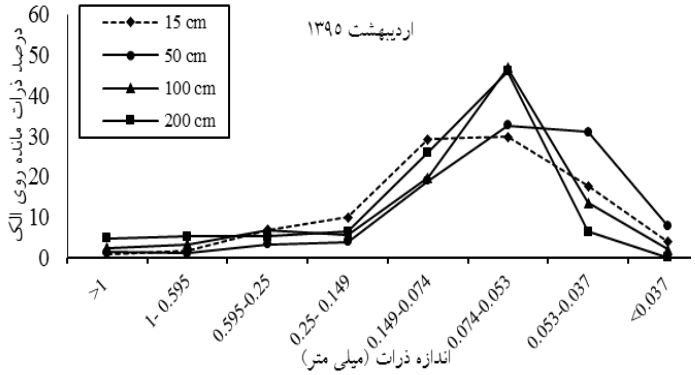
رسوب بادرفت در مقایسه با اندازه ذرات خاک‌های مورد مطالعه، در همه سرعت‌های باد مورد بررسی، دارای اندازه ریزتری است. این موضوع نشان از یک حالت انتخاب‌پذیری در فرسایش ذرات ریز از سطح این خاک‌ها دارد



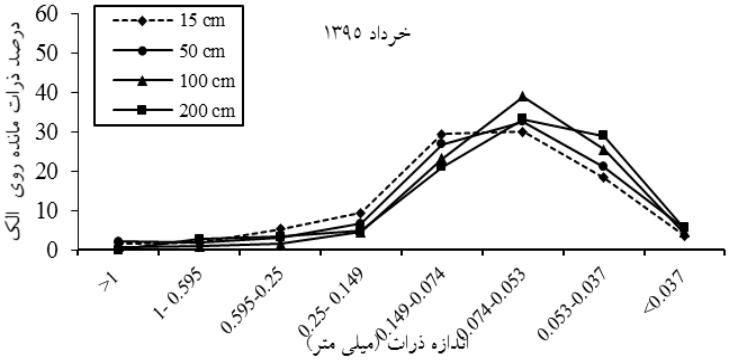
شکل۴. توزیع اندازه ذرات جمع‌آوری شده در اسفند ماه ۱۳۹۴



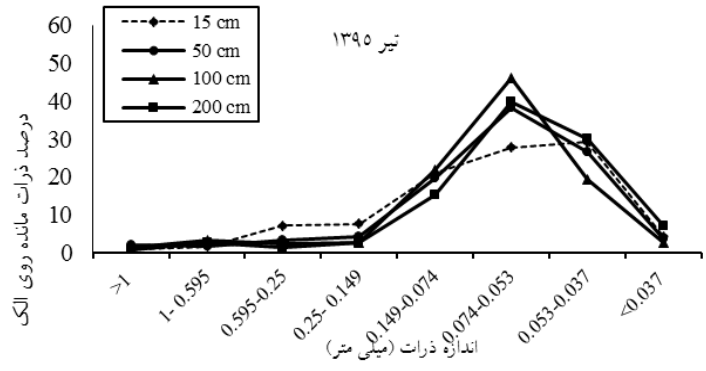
شکل۵. توزیع اندازه ذرات جمع‌آوری شده در فروردین ماه ۱۳۹۵



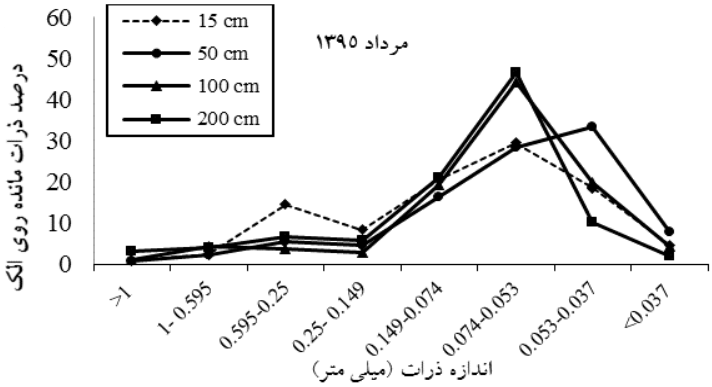
شکل۶. توزیع اندازه ذرات جمع‌آوری شده در اردیبهشت ماه ۱۳۹۵



شکل۷. توزیع اندازه ذرات جمع‌آوری شده در خرداد ماه ۱۳۹۵



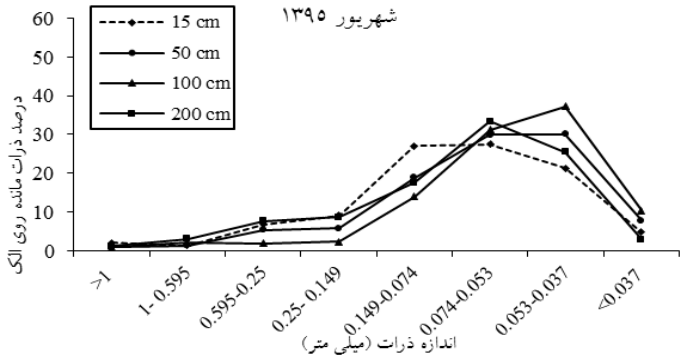
شکل۸. توزیع اندازه ذرات جمع‌آوری شده در تیر ماه ۱۳۹۵



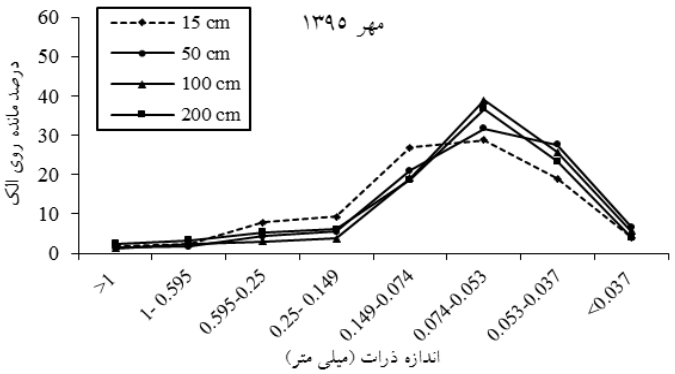
شکل۹. توزیع اندازه ذرات جمع‌آوری شده در مرداد ماه ۱۳۹۵

www.SID.ir

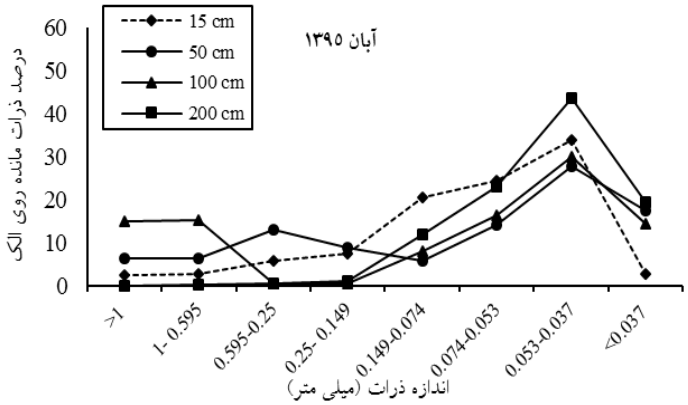
Archive of SID



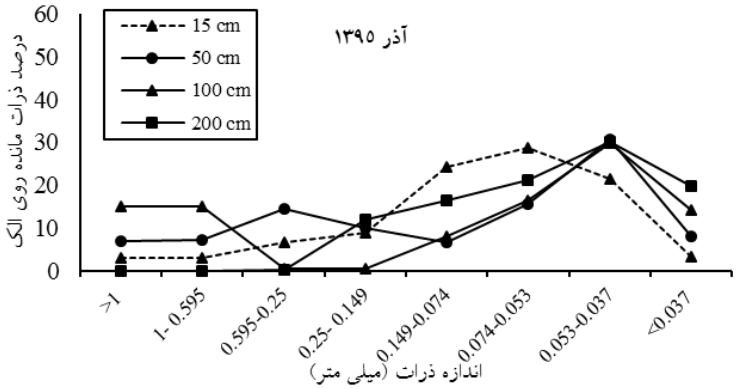
شکل۱۰. توزیع اندازه ذرات جمع‌آوری شده در شهریور ماه ۱۳۹۵



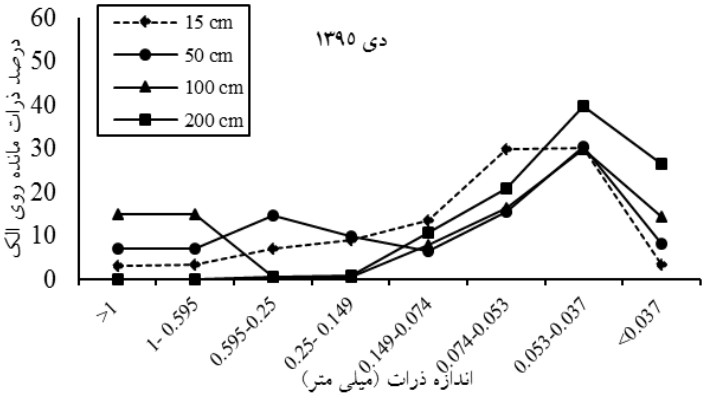
شکل۱۱. توزیع اندازه ذرات جمع‌آوری شده در مهر ماه ۱۳۹۵



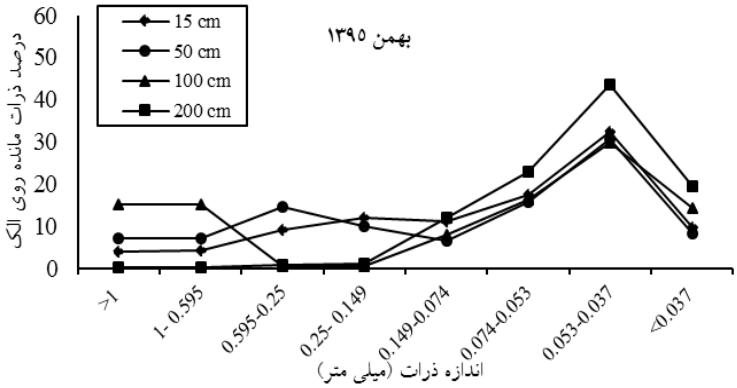
شکل۱۲. توزیع اندازه ذرات جمع‌آوری شده در آبان ماه ۱۳۹۵



شکل۱۳. توزیع اندازه ذرات جمع‌آوری شده در آذر ماه ۱۳۹۵



شکل۱۴. توزیع اندازه ذرات جمع‌آوری شده در دی ماه ۱۳۹۵



شکل۱۵. توزیع اندازه ذرات جمع‌آوری شده در بهمن ماه ۱۳۹۵

www.SID.ir

Archive of SID

۲-نیمرخ عمودی ذرات

مقدار ذرات گرد و غبار جمع‌آوری شده بوسیله نمونه‌گیر با تغییر ارتفاع از سطح زمین و زمان نمونه-برداری تغییر می‌کرد. برای تفسیر این تغییر، منحنی‌های نیمرخ عمودی ذرات جمع‌آوری شده بوسیله نمونه‌گیر در ارتفاعات مختلف مربوط به ماه‌های مختلف (اسفند ۱۳۹۴ تا بهمن ۱۳۹۵) ترسیم گردید (شکل ۱۶). برای این منظور، وزن ذرات جمع‌آوری شده بوسیله نمونه‌گیر در محور xها (بر حسب gr) و ارتفاع از سطح زمین در محور y ها (برحسب cm) رسم گردید. نمودارها نشان داد با افزایش ارتفاع از سطح زمین، وزن ذرات جمع‌آوری شده کاهش می‌یابد. مدل‌های لگاریتمی[۲]، خطی[۳]، توانی[۴] و نمایی[۵] برای بررسی رابطه بین مقدار ذرات جمع‌آوری شده و ارتفاع از سطح زمین مورد آزمایش قرار گرفت و مشاهده گردید برای اکثر ماه‌ها، رابطه توانی بهترین تابع برای تشریح تغییرات وزن ذرات جمع آوری شده و ارتفاع از سطح زمین است. نتایج بررسی تغییرات وزن ذرات جمع‌آوری شده و ارتفاع از سطح زمین در جدول ۳ آمده است. مطالعات قبلی درخصوص تغییرات رسوبات بادی و وزن ذرات جمع‌آوری شده بعنوان تابعی از ارتفاع، بر حالت جهشی تمرکز داشت. مقدار رسوبات بادی در حالت جهشی، به طور نمایی (Exponential) با افزایش ارتفاع کاهش می‌یافت، اما Fryrear و Saleh (۱۹۹۳) و Dong و همکاران (۲۰۱۰) بر اساس مطالعات سایر دانشمندان و یافته‌های خود نتیجه گرفتند که تابع توانی بهتر می‌تواند تغییرات وزن ذرات جمع‌آوری شده و ارتفاع از سطح زمین را در حالت معلق شرح دهد. Zobeck و Fryrear (۱۹۸۶) و Fryrear (۱۹۸۷) نیز از تابع توانی برای بیان شدت جریان ته‌نشست‌های بادی استفاده نمودند.

$$W=aZ^b \qquad \text{(رابطه ۱)}$$

در رابطه ۱، W= وزن ذرات جمع‌آوری شده بوسیله نمونه‌گیر در ارتفاعات مختلف (gr)

Z= ارتفاع نمونه‌گیر از سطح زمین (cm)

و a و b= ضرایب می‌باشد. این رابطه بطور دقیقی توزیع عمودی مواد فرسایش یافته که در حالت معلق انتقال می‌یابد، را توصیف می‌کند. معادله یا معادلاتی که برای تشریح نیمرخ عمودی استفاده می‌شود می‌تواند جهت تعیین جرم کلی انتقال یافته از یک دیرک استفاده شود. شکل ۱۷ نیمرخ عمودی سالانه ذرات جمع‌آوری شده را نشان می‌دهد که آن نیز از رابطه توانی تبعیت کرده و می‌تواند از رابطه ۲ محاسبه گردد.

$$y= 129.33\ x^{-0.49} \qquad \text{(رابطه ۲)}$$

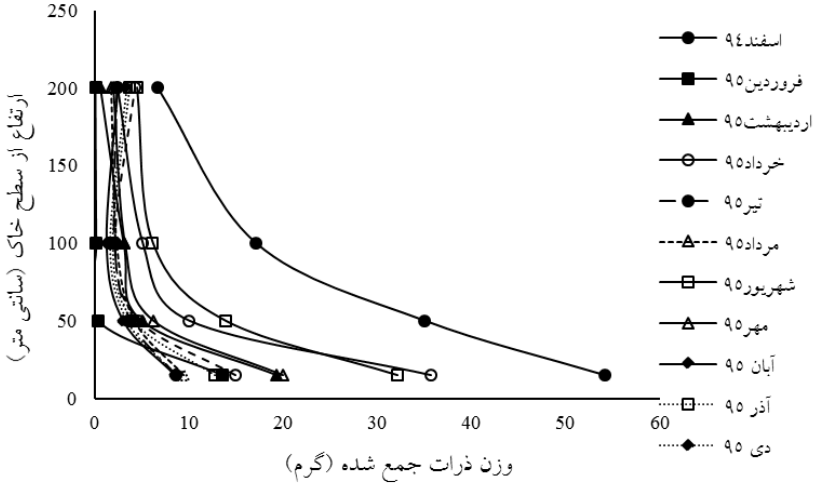
در رابطه ۲، y= ارتفاع از سطح خاک (cm)

و x= وزن ذرات جمع آوری شده (gr) می‌باشد.

[2] -logarithmic
[3] -linear
[4] - power
[5] -Exponential

www.SID.ir

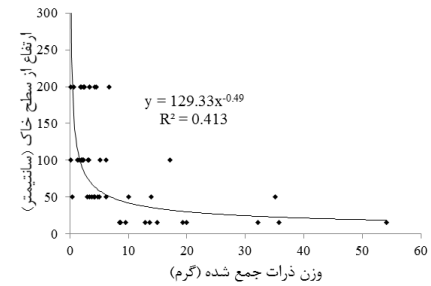
Archive of SID



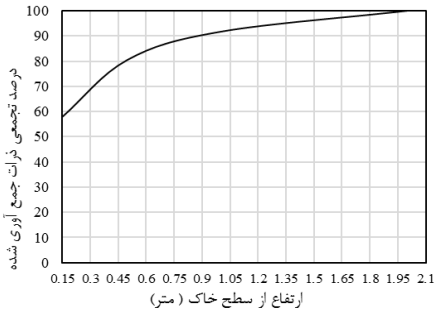
شکل۱۶. منحنی‌های نیمرخ عمودی ذرات جمع‌آوری شده در ماه‌های مختلف

جدول۳. نتایج بررسی تغییرات وزن ذرات جمع‌آوری شده و ارتفاع از سطح زمین

زمان نمونه برداری	a	b	r^2
اسفند۱۳۹۴	۲۱۳۶/۵	−۱/۱۵۱	۰/۹۱۱۳
فروردین ۱۳۹۵	۴۶/۸۶۲	−۰/۴۸	۰/۹۰۷۶
اردیبهشت۱۳۹۵	۱۷۲/۱۴	−۰/۷۷۱	۰/۹۵۴۰
خرداد۱۳۹۵	۴۷۶/۰۸	−۰/۹۶۸	۰/۹۹۹۸
تیر۱۳۹۵	۴۷۴/۴۳	−۱/۶۰۸	۰/۸۸۹۳
مرداد۱۳۹۵	۴۱۰/۰۲	−۱/۴۷۶	۰/۹۸۹۴
شهریور۱۳۹۵	۱۱۳۸/۴	−۱/۲۳۵	۰/۹۸۲۵
مهر ۱۳۹۵	۳۷۸/۳۷	−۱/۰۹	۰/۹۹۶۰
آبان ۱۳۹۵	۲۱۶/۶۸	−۱/۱۳۶	۰/۶۶۰۳
آذر ۱۳۹۵	۳۲۵/۵۶	−۱/۱۲	۰/۶۴۳۹
دی ۱۳۹۵	۲۷۴/۷	−۱/۱۷۲	۰/۵۴۴۸



شکل۱۷. نیمرخ عمودی سالانه ذرات جمع آوری شده



شکل۱۸. درصد تجمعی سالانه ذرات جمع آوری گردیده بعنوان تابعی از ارتفاع

شکل ۱۸ درصد تجمی سالانه ذرات جمع‌آوری شده را به‌عنوان تابعی از ارتفاع از سطح زمین نشان می‌دهد. همانطور که از نمودار برمی‌آید، ۸۰ درصد ذرات در زیر ارتفاع ۵۰ سانتی‌متری و ۹۰ درصد ذرات در زیر

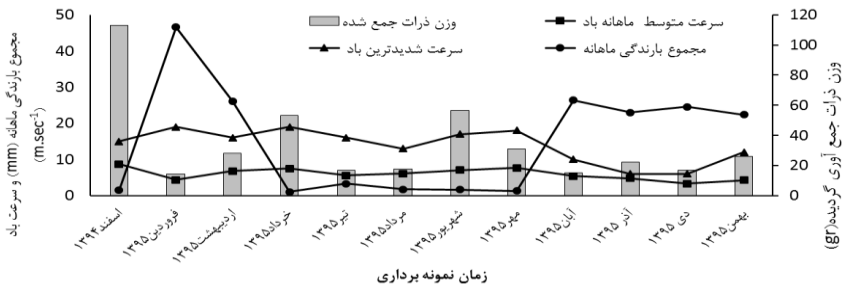
www.SID.ir

Archive of SID

ارتفاع ۹۰ سانتی‌متری از سطح زمین منتقل می‌شود، بعبارت دیگر اکثریت ذرات در فاصله کوتاهتری بر زمین خواهد نشست (ته نشین خواهد شد) و درصد کمی از ذرات در فاصله های طولانی حرکت خواهد کرد. این موضوع در تدوین برنامه‌های حفاظتی مانند احداث باد شکن‌ها (ارتفاع و فاصله آنها از هم) بسیار مفید واقع خواهد شد.این نتیجه با نتایج Dong و همکاران (۲۰۱۰) نیز مطابقت دارد.

۳- رابطه بین وزن ذرات جمع‌آوری گردیده با پارامترهای هواشناسی

شکل ۱۹ رابطه بین وزن ذرات جمع‌آوری شده در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری با پارامترهای اصلی هواشناسی شامل مجموع بارندگی ماهانه (monthly precipitation)، سرعت شدیدترین باد (speed of strongest wind) و سرعت متوسط ماهانه باد (monthly mean wind velocity) را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌گردد در ماه‌هایی که مجموع بارندگی ماهانه افزایش یافته، وزن ذرات جمع‌آوری شده کاهش یافته است. همچنین با کاهش سرعت شدیدترین باد در منطقه، وزن ذرات جمع‌آوری شده کاهش یافته است. نتایج نشان‌دهنده همبستگی منفی بین مجموع بارندگی ماهانه و وزن ذرات جمع‌آوری شده است. در واقع در طول سال در منطقه مورد مطالعه، بادهای شدیدی به طور دائم در حال وزش بوده و این موضوع نقش بارندگی را در وزن ذرات جمع‌آوری شده پررنگ‌تر می‌نماید. Dong و همکاران (۲۰۱۰) با مطالعه مشابهی که در منطقه Minqin چین انجام دادند، نتیجه گرفتند که شدت جریان ذرات جمع‌آوری شده با میزان بارندگی، همبستگی ضعیف و با سرعت شدیدترین باد همبستگی مثبت قوی دارد. آنها علت همبستگی ضعیف بین شدت جریان ذرات و بارندگی را در این دانستند که در منطقه مورد مطالعه بیشتر بارندگی در فصول تابستان و پاییز که وزش باد ضعیفتر است اتفاق می‌افتد. بشیری خوزستانی و سوری (۱۳۹۵) در مطالعه‌ای که در منطقه کردستان انجام دادند، نتیجه گرفتند که مقادیر ته‌نشست ریزگردها (ذرات گرد و غبار بزرگتر از ۱۰ میکرومتر) در ماه‌های فروردین و اردیبهشت بعلت افزایش ناپایداری‌های جوی و شدت فرسایش پذیری، بیشترین مقدار است. آنها بیشترین و کمترین مقادیر ذرات معلق را به ترتیب در فروردین و بهمن ماه گزارش نمودند. اما در منطقه مورد مطالعه (روستای خاصلو)، بیشترین مقدار ذرات جمع‌آوری شده در ماه‌های اسفند و شهریور بود که همانطور که در شکل ۱۹ مشاهده می‌گردد، در این ماه‌ها مقدار بارندگی کمتر و سرعت شدیدترین باد نیز نسبتاً بالاست. محمودآبادی و همکاران (۱۳۹۰) نیز نتیجه گرفتند که با افزایش سرعت باد، شدت فرسایش افزایش یافته که میزان افزایش بستگی به توزیع اندازه ذرات دارد.



شکل۱۹. تغییرات وزن ذرات جمع آوری گردیده و رابطه آن با پارامترهای اصلی هواشناسی منطقه مورد مطالعه

www.SID.ir

Archive of SID

سهم هر یک از زمان‌های نمونه‌برداری از مجموع سالانه ذرات جمع آوری گردیده در جدول ۴ نشان داده شده است. ماه‌های اسفند و شهریور و خرداد به ترتیب دارای بیشترین سهم هست. همانطور که در شکل ۱۹ نشان داده شد در این ماه‌ها هم میزان بارندگی کم بوده و هم سرعت شدیدترین باد زیاد می‌باشد. ماه‌های شهریور و خرداد به علت وجود پوشش گیاهی، شاید زیاد بحرانی به نظر نیاید، اما اسفند ماه، بعلت وجود پوشش گیاهی ضعیف و یا حتی عدم وجود پوشش گیاه، بسیار بحرانی و حائز اهمیت است. فلذا این موضوع باید در راهکارهای مدیریتی منطقه مورد توجه بیش از پیش قرار گیرد.

جدول ۴. نمودار سهم هر ماه از مجموع سالانه ذرات جمع‌آوری گردیده

ماه‌های سال	اسفند۹۴	فروردین ۹۵	اردیبهشت ۹۵	خرداد ۹۵	تیر ۹۵	مرداد ۹۵	شهریور ۹۵	مهر ۹۵	آبان ۹۵	آذر ۹۵	دی ۹۵	بهمن ۹۵
درصد ذرات جمع‌آوری شده از کل	٪۲۷,۴۱	٪۳,۴۵	٪۶,۸۱	٪۱۲,۹۳	٪۴,۰۷	٪۴,۳۲	٪۱۳,۷۵	٪۷,۵۸	٪۳,۷۲	٪۵,۴۶	٪۴,۱۴	٪۶,۳۷

نتیجه‌گیری

توزیع اندازه ذرات گرد و غبار حاصل از فرسایش بادی خاک‌های اطراف دریاچه ارومیه که بوسیله نمونه‌گیر BSNE در طول یک‌سال جمع‌آوری شده بود، نسبت به زمان و ارتفاع از سطح زمین تعیین گردید. نتایج نشان داد مقدار درصد ذرات ریز (ذرات با قطر ۰/۱۵ میلی‌متر تا ۵۳ میکرون) بیشتر از ذرات درشت (ذرات با قطر ۱ تا ۰/۲۵ میلی‌متر) است. همچنین نمودارها نشان داد که ذرات درشت بیشتر در ارتفاع ۱۵ سانتی‌متری از سطح زمین در حال حرکت بوده، اما ذرات ریز بیشتر در ارتفاعات ۱۰۰ و۲۰۰ سانتی‌متری از سطح زمین در حال حرکت می‌باشد. همچنین نتایج حاکی از آن بود که با افزایش ارتفاع از سطح زمین، درصد ذرات ریزتر بیشتر می‌شود، اما وزن ذرات جمع‌آوری شده کاهش می‌یابد.

دانشمندان زیادی از قبیل زوبک و فریر (۱۹۸۶)، فریر و صالح (۱۹۹۳) و دانگ و همکاران (۲۰۱۰) نتیجه گرفته‌اند که تابع توانی بهتر می‌تواند تغییرات وزن ذرات جمع‌آوری شده و ارتفاع از سطح زمین را شرح دهد. در این تحقیق نیز برای اکثر ماه‌ها، رابطه توانی بهترین تابع برای تشریح تغییرات وزن ذرات جمع‌آوری شده در مقابل ارتفاع از سطح زمین بود. همچنین نتایج نشان داد که اکثریت ذرات گرد و غبار در زیر ارتفاع ۹۰ سانتی‌متری از سطح زمین منتقل می‌شود، بعبارت دیگر اکثریت ذرات در فاصله کوتاهتری بر زمین خواهد نشست. از پارامترهای اصلی هواشناسی مورد بررسی در این تحقیق، افزایش بارندگی موجب کاهش وزن ذرات گرد و غبار و افزایش سرعت باد موجب افزایش آن شده است. ماه‌های اسفند و شهریور و خرداد به ترتیب دارای بیشترین سهم از مجموع سالانه ذرات گرد و غبار جمع آوری شده بود. در این ماه-ها میزان بارندگی کم و سرعت باد زیاد بود. از آنجائیکه در طول سال در منطقه مورد مطالعه، بادهای شدیدی به طور دائم در حال وزش است؛ این موضوع اهمیت نقش بارندگی را در وزن ذرات جمع‌آوری شده نشان می‌دهد.

با توجه به اینکه دریاچه ارومیه در یکی از قطب‌های پرجمعیت ایران واقع شده و این منطقه از لحاظ استراتژیکی، کشاورزی و سکونت حائز اهمیت فوق‌العاده‌ای است و در سال‌های اخیر مساحت مناطق

www.SID.ir

Archive of SID

خشک شده اطراف این دریاچه رو به افزایش است، لذا خطر آلودگی بوسیله ذرات گرد و غبار این منطقه را شدیداً تهدید می‌کند. از این‌رو برای مطالعات آینده، پیشنهاد می‌گردد میزان عناصر سمی موجود در ذرات گرد و غبار و عناصری مانند Na، Ca، K، Mg، Al و فلزات سنگینی چون Fe، Mn، Si اندازه‌گیری شود.

منابع مورد استفاده

اختصاصی، م. ر. و زارع چاهوکی، ا. ۱۳۹۴. برآورد حجم فرسایش بادی کشور ایران به روش اریفر۱ و ۲ و راهبردهای کاهش اثرات آن، کارگاه‌های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین‌المللی تخصصی علوم زمین. تهران. ایران.

اسد زاده، ف. خدادادی، م. و احسان ملاحت، ا. ۱۳۹۶. پیش‌بینی حساسیت به فرسایش نهشته‌های بادی با استفاده از مدل‌های توزیع اندازه ذرات در بخشی از ساحل غربی دریاچه ارومیه. فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران. ۲۴(۱): ۱۲۶-۱۴۱.

اصغری زمانی،ا. ۱۳۹۲. ارزیابی تغییرات سطح دریاچه ارومیه یه عنوان چالش عمیق زیست محیطی فراروی منطقه شمال غرب ایران. فصلنامه علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی. ۱۳(۴۱): ۹۱-۷۷ .

بشیری خوزستانی، ر. و سوری، ب. ۱۳۹۵. بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی ذرات معلق بزرگتر از ۱۰ میکرومتر در استان کردستان، غرب ایران. مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست. ۱۸(۳): ۷۹-۶۷.

تجریشی، م. م. ۱۳۹۵. احیای دریاچه ارومیه، چالش‌ها و ضرورت‌ها. کنفرانس بین المللی پیامدهای جغرافیایی و زیست محیطی وضعیت دریاچه ارومیه، دانشگاه تبریز. دفتر برنامه‌ریزی و تلفیق ستاد احیای دریاچه ارومیه. تبریز. ایران

محمود آبادی، م. دهقانی، ف. و عظیم زاده، ح.ر. ۱۳۹۰. مطالعه اثر توزیع اندازه ذرات خاک بر شدت فرسایش بادی. مجله مدیریت خاک و تولید پایدار. ۱(۱): ۸۱-۹۸..

محمودآبادی، م و زمانی، س. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر سرعت باد و توزیع اندازه ذرات خاک بر فرآیندهای حمل رسوب ناشی از فرسایش بادی. نشریه مهندسی و مدیریت آبخیز. ۴(۳): ۱۴۱-۱۵۲.

نادری زاده، ز. خادمی، ح. و ایوبی، ش.ا. ۱۳۹۲. استفاده از برگ نخل به عنوان نمونه‌گیر بیولوژیکی گردوغبارهای بوشهر-عسلویه، سومین همایش ملی فرسایش بادی و طوفانهای گرد و غبار، یزد، انجمن علمی مدیریت وکنترل مناطق بیابانی ایران

Dong, Zh., Man, D., Luo, W., Qian, G., Wang, J., Zhao, M., Liu, Sh., Zhu, G. and Zhu, Sh. 2010. Horizontal aeolian sediment flux in the Minqin area, a major source of Chinese dust storms. Geomorphology. 116: 58-66

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2015. Status of the world's soil resources-Main Report- Chapter6- Global soil status, processes and trends. P: 101.

Fryrear, D.W. 1987. Aerosol measurements from 31 dust storm. In: Ariman, T., Veziroglu, T.N. (Eds.), Particulate and Multiphase Proceeding, 2. Contamination Analysis and Control. Hemisphere Publishing Corporation, New York, Pp: 407-415.

Fryrear, D.W. 1986. A field dust sampler. Journal of Soil and Water Conservation. 41(2): 117-120.

Fryrear, D.W. and Saleh, A. 1993. Field wind erosion: vertical distribution. Soil Science. 155(4): 294-300

www.SID.ir

Archive of SID

Fryrear, D.W., Stout, J.E., Hagen, L.J. and Vories, E.D. 1991. Wind erosion: Field measurement and analysis. American Society of Agricultural Engineers. 34(1): 155-160

Goossens, D. and Buck, B.J. 2012. Can BSNE (Big Spring Number Eight) samplers be used to measure PM10, respirable dust, $PM_{2.5}$ and $PM_{1.0}$. Aeolian Research. 5: 43-49.

Goossens, D. and Offer, Z.Y. 2000. Wind tunnel and field calibration of six Aeolian dust samplers. Atmospheric environment. 34: 1043-1057.

Mirzamostafa, N., Hagen, L.J., Stone, L. R. and Skidmore, E. L. 1998. Soil aggregate and texture effects on suspension components from wind erosion. Soil Science Society American Journal. 62: 1351-1361.

Shannak, B., Corsmeier, U., Kottmeier, Ch. and Al-azab, T. 2014. Wind tunnel study of twelve dust samples by large particle size. Atmospheric Environment. 98: 442-453.

Stout, J.E. and Fryrear, D.W. 1989. Performance of a windblown-particle sampler. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. 32(6): 2041- 2045

Wang, H., Jia, X., Li, K. and Li, Y. 2015. Horizontal wind erosion flux and potential dust emission in arid and semiarid regions of China: A major source area for East Asia dust storms. Catena. 133: 373-384.

Zobeck, T.M. and Fryrear, D.W. 1986. Chemical and Physical characteristics of windblown sediments. I. Quantities and Physical Characteristics. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. 29 (4): 1032- 1036.

www.SID.ir

Archive of SID

ISSN 2251-7480

Particles size distribution of Lake Urmia area soils erosion sampling by BSNE sampler

Fatemeh Zabihi[1], Mehrdad Esfandiari[2], Mohammad Reza Dalalian[3*] and Abolfazl Moeini[4]

1) Ph.D. student, Department of Soil, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2) Assistant Professor, Department of Soil, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3*) Assistant Professor, Department of Soil, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
*Corresponding author email: mdalalian@iaut.ac.ir
4) Assistant Professor, Department of watershed management, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: 27-03-2018 Accepted: 04-02-2019

Abstract

Recently, the Lake Urmia has become one of the key dust sources in Iran due to a sharp drop in its water level. One of the essential information to decide how to deal with this problem is to know the distribution of the particles size carried at different heights above the soil surface. In order to trap the dust particles of the Lake Urmia area soils erosion, one of dust centers that was located in the southeastern of the Lake Urmia in 30 kilometers distance from the Tabriz-Azarshahr road was selected and the BSNE samplers (Big Spring Number Eight) were used. 14 pole, each of which had 4 samplers at 0.15, 0.5, 1 and 2 m heights above the soil surface were installed in a circle pattern. The samplers were evaluated in 12 interval periods (March 2016-February 2017) and the particle size distribution and the vertical profile of gathered particles were determined. Results showed that the amount of fine particles (0.15-0.053 mm) was greater than the coarse particles (1-0.25 mm). The highest amount of the fine particles was obtained at 100 and 200 cm and of the coarse particles was obtained at 15 cm height above the soil surface. When the height above the soil surface increased, the weight of gathered particles decreased. The power function was the best to explain changes between the weight of gathered particles and the height above the soil surface. There was a negative correlation between monthly rainfall and the weight of gathered particles.

Keywords: Dust center; Heights above the soil surface; Suspended particles; Vertical profile; Wind Erosion

www.SID.ir