

The effect of time on the components of wind erosion flux in the southeast of the Lake Urmia basin

Shima Khoshmaram¹, Mohammad Reza Dalalian^{*2}

1. M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science and Engineering, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
E-mail: khoshmaram_shima@yahoo.com
2. Corresponding Author, Dept. of Soil Science and Engineering, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
E-mail: mdalalian@iaut.ac.ir

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 07.04.2020
Revised: 08.13.2021
Accepted: 09.13.2021

Keywords:
BSNE Sampler,
Particles flux,
Sediment trap,
Wind erosion

ABSTRACT

Background and Objectives: The main reason for soil loss in arid and semiarid regions is wind erosion. About 40 percent of lands have potential to wind erosion. In Iran due to the drying of a large area of the Lake Urmia and creating the salt marshes and abundant salt plains, it has recently been one of the main problem in this region. Due to the location of this lake, it will become one of the main sources of dust and wind erosion in northwestern of Iran. Determination of the wind erosion flux and its components will be useful for choosing appropriate solutions for this problem. Reliable field measurement of the amount of soil loss will not be possible if there is no satisfactory equipment. Several wind erosion samplers have been developed so far. But the most recommendable one is the BSNE (Big Spring Number Eight) sampler that was made and used by Donald Fryrear to gather the suspended particles.

Materials and Methods: In order to trap the suspension and saltation particles from the wind erosion, 14 poles with four BSNE samplers installed on each of them at height of 0.15, 0.5, 1 and 2 m above the soil surface were installed in a circular pattern with a 100 m radius on a land area of 3.14 ha. Also, in order to trap the creeping particles, 14 sediment traps which the opening of them was in the same level with ground were installed at a radial distance of 20 cm from each BSNE pole. For 6 months (from March - August 2017) the eroded particles were collected and weighed. Then the suspension (I_{sus}), saltation (I_{sal}) and creeping (I_c) fluxes were calculated. Meteorological information was obtained from Tabriz-Khosroshahr Weather Agency during the research period, which was at the closest distance from the study area. In order to investigate the effect of sampling time on suspension, saltation and creeping fluxes, a completely randomized experiment was designed with three replications. Duncan's test was used to compare the means. Statistical analysis was performed by SPSS software and charts drawn by EXCEL software. In order to determine the vertical profile of the suspension flux, the data obtained from the BSNE samplers at four heights (0.15, 0.5, 1 and 2 m) was used.

Results: Findings of this study showed that the effect of sampling time was significant on I_c , I_{sal} and I_{sus} ($P \leq 0.01$) and on total flux (I_t) ($P \leq 0.05$). The results of mean comparing showed that the highest of I_t was obtained in March and July (2.091 and 2.0153 $\text{ton} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{mon}^{-1}$, respectively) due to the high speed of strongest wind (16 and 18 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, respectively) and lack of plant cover in March and dry soil surface in July (Monthly rainfall was

zero). The lowest of I_t was obtained in April ($0.1007 \text{ ton.h}^{-1}.\text{mon}^{-1}$) due to high monthly rainfall (78.3 mm) and high moisture of soil surface. Totally, the wind erosion in the study area was $11.028 \text{ ton.h}^{-1}.\text{yr}^{-1}$. The I_{sus} decreased with increasing the height of soil surface and the power equation was the best one to explain these profile.

Conclusion: There was a negative correlation between I_c (wind erosion section), I_{sus} and I_t fluxes with monthly rainfall and positive correlation with speed of strongest wind. The mean I_t was maximum in March and July and minimum in April. The results showed that a large part of the particles were moving at a height of less than 15 cm above the soil surface.

Cite this article: Khoshmaram, Shima, Dalalian, Mohammad Reza. 2022. The effect of time on the components of wind erosion flux in the southeast of the Lake Urmia basin. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 12 (1), 101-119.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/EJSMS.2022.18146.1962

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources



اثر زمان بر مؤلفه‌های شدت جریان فرسایش بادی در جنوب شرقی حوضه دریاچه ارومیه

شیمای خوشمرام^۱، محمدرضا دلالیان^{۲*}

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران. رایانامه: khoshmaram_shima@yahoo.com
۲. نویسنده مسئول، گروه علوم و مهندسی خاک، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران. رایانامه: mdalalian@iaut.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی- پژوهشی	سابقه و هدف: عامل اصلی هدررفت خاک در مناطق خشک و نیمه خشک فرسایش بادی می‌باشد. در حدود ۴۰ درصد از اراضی سطح زمین مستعد فرسایش بادی است. در سال‌های اخیر در ایران، به علت خشک شدن پهنه وسیعی از دریاچه ارومیه و پیدایش شوره‌زارها و دشت‌های نمکی فراوان، آن را به یکی از مشکلات اساسی منطقه تبدیل نموده است. این دریاچه، می‌تواند به یکی از منابع اصلی گرد و غبار در شمال غرب کشور تبدیل شود. تعیین شدت جریان فرسایش بادی و بررسی عوامل مؤثر بر آن، در نوع روش مقابله با این مشکل مؤثر است. اندازه‌گیری صحرایی قابل اطمینان میزان هدررفت خاک، در صورت نبود تجهیزات رضایت‌بخش، امکان‌پذیر نخواهد بود. نمونه‌گیرهای متعددی تاکنون توسعه یافته است، قابل‌توصیه‌ترین آن‌ها، نمونه‌گیر (Big Spring Number Eight) BSNE می‌باشد که اولین بار توسط دونالد فریر برای جمع‌آوری ذرات معلق، ساخته شد و مورد بهره‌برداری قرار گرفت.
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۱۴ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۰۵/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۲۲	مواد و روش‌ها: به منظور به دام انداختن ذرات معلق و جهشی حاصل از فرسایش بادی، تعداد ۱۴ دیرک که روی هر کدام چهار نمونه‌گیر BSNE در ارتفاع‌های ۰/۱۵ - ۰/۵ - ۱ و ۲ متری از سطح خاک نصب گردیده بود در یک الگوی دایره‌ای شکل به شعاع ۱۰۰ متر در زمینی به مساحت ۳/۱۴ هکتار نصب گردید. هم‌چنین جهت به دام انداختن ذرات خزشی، تعداد ۱۴ عدد تله رسوب‌گیر که دهانه آن هم تراز با سطح زمین بود، به فاصله شعاعی ۲۰ سانتی‌متر از هر دیرک نصب گردید و به مدت ۶ ماه (اسفند ۱۳۹۵ تا مرداد ۱۳۹۶) ذرات فرسایش یافته، جمع‌آوری و توزین گردید. سپس شدت جریان ذرات معلق، جهشی و خزشی محاسبه گردید. اطلاعات هواشناسی در طول مدت اجرای تحقیق از اداره هواشناسی خسروشهر که در نزدیک‌ترین فاصله ممکن از منطقه مورد مطالعه قرار داشت، اخذ گردید. به منظور بررسی تأثیر زمان نمونه‌برداری بر روی شدت جریان معلق، جهشی و خزشی، آزمایشی به صورت طرح
واژه‌های کلیدی: تله رسوب‌گیر، شدت جریان ذرات، فرسایش بادی، نمونه‌گیر BSNE	

کاملاً تصادفی در سه تکرار طراحی شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده گردید. تجزیه آماری از طریق به‌کارگیری نرم‌افزار SPSS و رسم نمودارها با نرم‌افزار EXCEL صورت گرفت. جهت تعیین نیمرخ عمودی شدت جریان ذرات معلق از شدت جریان ذرات معلق جمع‌آوری شده از نمونه‌گیرهای BSNE در چهار سطح ارتفاع مختلف استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که اثر زمان نمونه‌برداری بر شدت جریان خزشی، جهشی و معلق در سطح احتمال ۱ درصد ($P \leq 0/01$) و بر روی شدت جریان کل در سطح احتمال ۵ درصد ($P \leq 0/05$) معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین بیانگر این بود که بیش‌ترین میانگین شدت جریان کل در ماه‌های اسفند ۹۵ و تیر ۹۶ (به ترتیب ۲/۰۹۱ و ۲/۰۱۵۳ تن بر هکتار در ماه) به‌خاطر بالا بودن حداکثر سرعت باد (به ترتیب ۱۶ و ۱۸ متر بر ثانیه) و نبود پوشش گیاهی در اسفند ماه و خشک بودن خاک در تیرماه (بارندگی صفر میلی‌متر) اتفاق افتاد. کم‌ترین میانگین شدت جریان کل نیز در ماه فروردین (۰/۱۰۰۷ تن بر هکتار در ماه) به‌خاطر بالا بودن بارندگی (۷۸/۳ میلی‌متر) و رطوبت بالای خاک دیده شد. در کل، میزان فرسایش بادی در منطقه مورد مطالعه، ۱۱/۰۲۸ تن در هکتار در سال به‌دست آمد. شدت جریان ذرات معلق با افزایش ارتفاع از سطح خاک کاهش یافت و تابع توانی بهترین تابع برای تشریح این تغییرات بود.

نتیجه‌گیری: بین شدت جریان معلق، خزشی (بخش مربوط به فرسایش بادی) و کل با مجموع بارندگی ماهانه رابطه عکس و با سرعت باد رابطه مستقیم وجود داشت. میانگین شدت جریان کل در اسفند و تیرماه بیش‌ترین مقدار و فروردین ماه کم‌ترین مقدار بود. نتایج بیانگر آن بود که بخش بزرگی از ذرات، در ارتفاع زیر ۱۵ سانتی‌متری از سطح خاک در حال حرکت است.

استناد: خوشمرام، شیما، دلایان، محمدرضا (۱۴۰۱). اثر زمان بر مؤلفه‌های شدت جریان فرسایش بادی در جنوب‌شرقی حوضه دریاچه ارومیه.

نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار، ۱۲ (۱)، ۱۱۹-۱۰۱.

DOI: 10.22069/EJSMS.2022.18146.1962



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

عامل اصلی هدررفت خاک در مناطق خشک و نیمه خشک فرسایش بادی می‌باشد. در فرایند فرسایش بادی ذرات فرسایش یافته در حالت خزشی^۱، جهشی^۲ و معلق^۳ حرکت می‌کند. مواد حرکت یافته در خزش سطحی (ذرات با قطر ۲ تا ۱ میلی‌متر) که در امتداد زمین می‌لغزد و جزو مواد هوابرد محسوب نمی‌شود. این ذرات نیازمند انرژی ماندگار باد یا ذرات جهشی برای ادامه خزش در سطح خاک می‌باشد. ذرات حرکت یافته در حالت جهشی (ذرات با قطر ۱ تا ۰/۱ میلی‌متر) جزو مواد هوابرد بوده، اما بسته به جرمشان به سطح خاک باز می‌گردد. محدوده قطر ذرات معلق از ۰/۱ میلی‌متر (۱۰۰ میکرون) تا ۰/۰۰۱ میلی‌متر (۱ میکرون) می‌باشد و معمولاً هدف انتقال‌های طولانی مدت بوده، حتی ممکن است صدها کیلومتر قبل از این‌که ته‌نشین شود، انتقال یابد (۱). فریر (۱۹۸۶) به نقل از چیپل بیان نمود که ۵۵ تا ۷۲ درصد از حرکت خاک، از نوع جنبشی یا جهشی، ۳ تا ۳۸ درصد از نوع معلق (سوسپانسیون) و ۷ تا ۲۵ درصد از نوع خزشی است (۲). اندازه‌گیری صحرایی قابل اطمینان هدررفت خاک در اثر فرسایش بادی، در صورت نبود تجهیزات رضایت‌بخش، امکان‌پذیر نخواهد بود. نمونه‌گیرهای فرسایش بادی متعددی تاکنون توسعه یافته است، اما برخی نیازمند تجهیزات فرعی یا یدکی برای عمل کردن است. ساخت و نگهداری برخی دیگر مشکل بوده و برخی نیز توانایی یا کارایی برای استفاده صحرایی ندارد (۳). از بین نمونه‌گیرهای توسعه یافته تاکنون، کاراترین آن‌ها، نمونه‌گیر^۴ MWAC (نمونه‌گیر تغییر یافته ویلسون و کوک) بود با کارایی بیش از ۷۵

درصد (معمولاً بالای ۹۰ درصد) در محدوده سرعت باد ۱ تا ۵ متر بر ثانیه، اما قابل توصیه‌ترین آن‌ها، نمونه‌گیر^۵ BSNE (نمونه‌گیر شماره هشت ایالت بیگ اسپرینگ) می‌باشد که اولین بار توسط دونالد فریر^۶ (۱۹۸۶) برای جمع‌آوری ذرات معلق، ساخته شده و مورد بهره‌برداری قرار گرفت (۲). از مهم‌ترین 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 به‌دست آوردن داده‌های مربوط به توزیع عمودی و افقی را داراست (۲). 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 (۴، ۵، ۶ و ۷). کریم‌زاده و جلالیان (۲۰۰۲) میانگین بازده تله‌اندازی این نمونه‌گیر را در بادهایی با سرعت ۵/۲ تا ۷/۲ متر بر ثانیه برابر با ۴۴ تا ۶۸ درصد گزارش نمودند (۸). دانگ و همکاران (۲۰۱۰)، شاناک و همکاران (۲۰۱۴)، و گوسنز و آفر (۲۰۰۰) بازدهی نمونه‌گیر BSNE را بین ۴۵ تا ۸۵ درصد گزارش نموده‌اند (۵، ۹ و ۴). فریر (۱۹۸۶) بازدهی این نمونه‌گیر را که خود مبدع آن می‌باشد، بین ۸۸ تا ۹۴ درصد گزارش نموده است. بازده تله‌اندازی به سرعت باد، توزیع اندازه ذرات، چگالی و نوع رسوب و هم‌چنین ابعاد تونل بادی مورد استفاده وابسته است (۲).

فرسایش بادی در کشورمان به‌ویژه در اراضی اطراف دریاچه ارومیه، به علت خشک شدن مساحت

- 1- Creep
- 2- Saltation
- 3- Suspension
- 4- Modified Wilson and Cook

5- Big Spring Number Eight
6- Donald Fryrear

BSNE شدت جریان ذرات معلق را در اطراف دریاچه ارومیه محاسبه نمودند، اما مؤلفه‌های شدت جریان مربوط به ذرات جهشی و خزشی در این پژوهش محاسبه نگردید (۱۹). بنابراین این پژوهش با هدف اندازه‌گیری شدت جریان‌های خزشی، جهشی و معلق ذرات حاصل از فرسایش بادی بخشی از حوزه دریاچه ارومیه، جمع‌آوری شده به‌وسیله نمونه‌گیرهای BSNE و تله‌های خزشی و بررسی تغییرات عمودی آن با ارتفاع از سطح خاک، هم‌چنین بررسی اثر دوره‌های مختلف نمونه‌برداری بر روی شدت جریان انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

جهت انجام این پژوهش منطقه‌ای در قسمت جنوب‌شرقی دریاچه ارومیه واقع در ۳۰ کیلومتری شهر تبریز، شهرستان آذرشهر، بخش گوگان، روستای حاصلو که از کانون‌های گرد و غبار می‌باشد، انتخاب گردید. مختصات جغرافیایی مرکز محدوده مورد مطالعه، طول شرقی $E 26^{\circ} 51' 45''$ و عرض شمالی $N 37^{\circ} 47' 43''$ می‌باشد. اقلیم منطقه سرد و نیمه‌خشک بوده و شدیداً مستعد فرسایش بادی است (۹). زمین تقریباً مسطح، عدم پوشش گیاهی و سرعت باد بالا و بارندگی کم از ویژگی‌هایی است که این منطقه را برای مطالعه فرسایش بادی بسیار مناسب نموده است. خاک منطقه که از عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری شده بود، دارای ۳۰ درصد شن، ۳۸ درصد سیلت، ۳۲ درصد رس بود. وزن مخصوص ظاهری خاک $(1.37 \text{ gr.cm}^{-3})$ و کلاس بافت آن لوم رسی بود (جدول ۱).

به منظور به دام انداختن ذرات معلق و جهشی، تعداد ۱۴ عدد دیرک (شکل ۱)، که روی هر کدام چهار عدد نمونه‌گیر BSNE در ارتفاع‌های ۰/۱۵-۰/۵ و ۱ و ۲ متری از سطح خاک (۲۰) نصب گردیده بود (جمعاً ۵۶ عدد نمونه‌گیر BSNE)، در یک الگوی

عظیمی از این دریاچه در سال‌های اخیر و پیدایش شوره‌زارها و دشت‌های نمکی فراوان یکی از مشکلات اساسی زیست‌محیطی بوده و ضرورت پژوهش در این مناطق بیش از هر زمان احساس می‌گردد. دریاچه ارومیه که بزرگ‌ترین دریاچه داخلی ایران می‌باشد به دلیل عوامل اقلیمی مانند کاهش میزان نزولات جوی، افزایش دمای محیط (گرمایش جهانی) و بالطبع آن افزایش تبخیر و عوامل انسانی مانند مصرف بی‌رویه آب به‌ویژه در بخش کشاورزی و احداث سازه‌هایی مانند سدهای متعدد بر روی رودخانه‌های منتهی به دریاچه و بزرگراه بر روی دریاچه و حفر چاه‌های متعدد غیرمجاز، شاهد افت زیادی در سطح تراز آب خود می‌باشد (۹، ۱۰ و ۱۱). لک و همکاران (۲۰۱۲) و دهقان و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی‌های خود گزارش نمودند که عوامل انسانی بیش‌تر از عوامل اقلیمی در خشک شدن این دریاچه نقش دارند (۱۲ و ۱۰). اگرچه مطالعات زیادی در خصوص ارائه راهکارهایی برای بازگرداندن سطح تراز آب این دریاچه انجام شده است (۱۴، ۱۵ و ۱۶)، اما وجود اطلاعاتی در خصوص فرسایش بادی و اجزای ایجادکننده آن، در معرفی راه‌کارهای مفید جهت جلوگیری از پدیده گرد و غبار و عوارض آن بر روی سلامت و بهداشت ساکنین منطقه که بیش از ۷ میلیون نفر را شامل می‌گردد (۹)، بسیار ضروری می‌باشد. از طرفی به‌علت تغییرات عوامل مؤثر بر فرسایش بادی مانند فرسایش‌پذیری خاک، پستی و بلندی، سرعت و جهت باد، میزان بارندگی، نوع پوشش گیاهی و ... در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری، باید فرسایش بادی در دوره‌های مختلف زمانی مورد بررسی قرار گیرد (۱۲، ۱۸). برای کمی نمودن مقدار هدررفت خاک در آزمایش‌های فرسایش بادی، به اندازه‌گیری دبی ذرات حمل شده به طرق مختلف خزش سطحی، جهش و تعلیق نیاز می‌باشد (۸). ذبیحی و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از نمونه‌گیر

اسفندماه اولین داده‌برداری صورت گرفت. سینی نمونه‌گیرها و همچنین تله‌های رسوب‌گیر در پایان هر ماه تخلیه شده (به مدت ۶ ماه- از اسفند ۱۳۹۵ تا مرداد ۱۳۹۶) و ذرات جمع‌آوری شده پس از خشک شدن جهت اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی به آزمایشگاه منتقل شد. همچنین جهت آزمایش‌های اولیه، نمونه‌های دست‌خورده و نخورده از خاک منطقه تهیه و به آزمایشگاه منتقل شد.

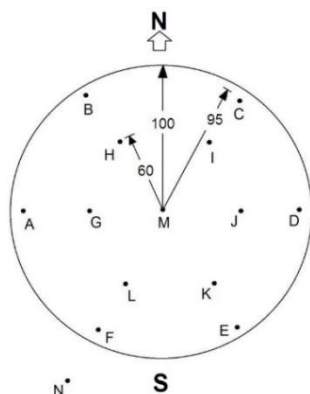
اطلاعات هواشناسی در طول مدت اجرای پژوهش از اداره هواشناسی خسروشهر که در نزدیک‌ترین فاصله ممکن از منطقه مورد مطالعه قرار داشت، اخذ گردید که در جدول ۲ نشان داده شده است.

دایره‌ای شکل (شکل ۲)، به شعاع ۱۰۰ متر در زمینی به مساحت $3/14$ هکتار نصب گردید. همچنین جهت به دام انداختن ذرات خزشی، تعداد ۱۴ عدد تله رسوب‌گیر که دهانه آن هم تراز با سطح زمین بود، به فاصله شعاعی ۲۰ سانتی‌متر از هر دایره نصب گردید. ابعاد دهانه تله رسوب‌گیر $16/5 \times 16/5$ سانتی‌متر و عمق آن ۱۵ سانتی‌متر بود که در دهانه آن از مش استیل به شماره ۱۰ (با منافذ ۲ میلی‌متر) استفاده گردید (شکل ۱). از آنجائی که به هنگام نصب تله‌های رسوب‌گیر، خاک اطراف دایره‌ها دست‌خورده می‌شد، چهار ماه قبل از شروع داده‌برداری (یعنی در اواخر مهرماه) تله‌ها و دایره‌ها نصب گردید و در ابتدای اسفندماه، نمونه‌گیرها و تله‌ها تخلیه و در اواخر



شکل ۱- نصب نمونه‌گیرهای BSNE و تله‌های خزشی.

Figure 1. Installation of BSNE samplers and traps.



شکل ۲- الگوی نصب ۱۴ عدد تیرک.

Figure 2. The installation pattern of 14 poles.

جدول ۱- نتایج آنالیز شیمیایی و فیزیکی خاک منطقه مورد پژوهش.

Table 1. Some chemical and physical analyze of the studied soil.

عمق نمونه برداری (سانتی متر)	ذرات شن (درصد)	ذرات سیلت (درصد)	ذرات رس (درصد)	بافت خاک	جرم مخصوص ظاهری	هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (دسی زیمنس بر متر)	اسیدیته خاک	درصد کل مواد خشتی شونده	کربن آلی خاک (درصد)	نسبت جذب سدیم
Sampling depth (cm)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Soil texture	ρ_b (gr.cm ⁻³)	EC (dS.m ⁻¹)	pH	T.N.V (%)	OC (%)	SAR
0-15	30	38	32	لوم رسی Clay Loam	1.37	147.2	7.88	15.7	0.55	83.5

جدول ۲- اطلاعات هواشناسی منطقه مورد مطالعه از اسفند ۱۳۹۵ تا مرداد ۱۳۹۶.

Table 2. Meteorological data of the studied region from March to August 2017.

ماه	میانگین دمای هوا (°C)	بارندگی ماهانه (میلی متر)	میانگین رطوبت هوا (درصد)	سرعت قوی ترین باد (متر بر ثانیه)	جهت قوی ترین باد	تعداد روزهای بارانی
Month	Air Temperature (°C)	Total of Rainfall (mm)	Relative Air Moisture (%)	Speed of Strongest Wind (m.s ⁻¹)	Direction of Strongest Wind	Number of Rainy Days
اسفند ۹۵ February 2017	3.9	10.9	64	16	220	13
فروردین ۹۶ March 2017	9.4	78.2	56	15	200	16
اردیبهشت ۹۶ April 2017	16.9	13.5	49	22	290	9
خرداد ۹۶ May 2017	22	14.8	35	14	330	4
تیر ۹۶ June 2017	28	0	31	18	330	0
مرداد ۹۶ July 2017	29.4	15	29	17	290	1

جهشی و خزشی (D_p) محاسبه گردید و برای محاسبه شدت جریان از رابطه ۱ (۲۱) استفاده گردید.

$$I = \Delta V \cdot \rho_{\text{particles}} \cdot \left(\frac{1-R_p}{D_p}\right) / N_m \quad (1)$$

که در آن، I شدت جریان فرسایش بادی ($\text{kg.m}^{-2}.\text{mon}^{-1}$)، ΔV میانگین تغییرات در حجم ذرات در واحد سطح دهانه نمونه گیر ($\text{m}^3.\text{m}^{-2}$)، $\rho_{\text{particles}}$ جرم مخصوص خشک ذرات (kg.m^{-3})، D_p بخش جهشی و خزشی، R_p بخش باقی مانده بعد

جهت برآورد شدت جریان ذرات معلق (ذرات با اندازه کوچکتر از ۰/۱ میلی متر) و جهشی (ذرات با اندازه بین ۰/۱ - ۱ میلی متر)، مقدار ذرات جمع آوری گردیده به وسیله نمونه گیر BSNE در چهار ارتفاع (۰/۱۵ - ۰/۵ - ۱ و ۲ متر از سطح خاک) تعیین شد، سپس با استفاده از سری الکها، ذرات بر اساس ابعادشان تفکیک و وزن گردیدند. جهت برآورد شدت جریان خزشی، وزن ذرات جمع آوری شده به وسیله تله های رسوب گیر اندازه گیری شد. سپس مقادیر انتقال ذرات در حالت معلق هم چنین در حالت

گردید. جهت تعیین نیمرخ عمودی شدت جریان از شدت جریان ذرات معلق جمع‌آوری شده از نمونه‌گیرهای BSNE در چهار ارتفاع مختلف (۰/۱۵، ۰/۵، ۱ و ۲ متر) استفاده گردید. به این ترتیب که در محور افقی، شدت جریان ذرات معلق (برحسب تن بر هکتار در ماه) و در محور عمودی ارتفاع از سطح خاک (بر حسب متر) قرار داده شد.

نتایج و بحث

اثر زمان نمونه‌برداری بر انواع شدت جریان: نتایج تجزیه واریانس اثر زمان نمونه‌برداری (۶ دوره زمانی- از اسفند ۱۳۹۵ تا مرداد ۱۳۹۶) بر روی انواع شدت جریان ذرات حاصل از فرسایش خاک‌های اطراف دریاچه ارومیه در جدول ۳ ارائه شده است. همان‌طور که از نتایج برمی‌آید اثر زمان بر روی همه شدت جریان‌ها خزشی، جهشی و معلق) در سطح احتمال ۱ درصد و بر روی شدت جریان کل در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین اثر زمان نمونه‌برداری بر روی شدت جریان‌های خزشی، جهشی، معلق و کل در شکل‌های ۳ تا ۶ نشان داده شده است.

از کسر حالت جهشی و خزشی و N_m زمان بر حسب ماه (mon) می‌باشد. که در نهایت شدت جریان بر حسب تن بر هکتار در ماه محاسبه و گزارش گردید. باتوجه به این‌که کارایی نمونه‌گیر BSNE در منابع مختلف (۰/۵، ۰/۷، ۱ و ۲) بین ۴۴ تا ۸۹ درصد گزارش شده است، بنابراین میزان ذرات معلق جمع‌آوری شده را کم‌تر از مقدار واقعی نشان می‌دهد، در نتیجه از نسبت $(1-R_p)/D_p$ که عددی بین ۱/۱ تا ۲/۲ می‌باشد، جهت تصحیح شدت جریان معلق استفاده شده است (۲۱).

با توجه به این‌که عوامل محیطی (پوشش گیاهی، سرعت باد، میزان بارندگی و درجه حرارت محیط و ...) در طول زمان تغییر می‌یابد، بنابراین جهت بررسی تأثیر دوره‌های زمانی مختلف بر روی شدت جریان‌های فرسایش بادی، آزمایشی به صورت طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمار آزمایشی شامل زمان نمونه‌برداری (در ۶ دوره زمانی) و متغیرهای اندازه‌گیری شده شامل شدت جریان‌های خزشی، جهشی، معلق و کل بود. تجزیه آماری از طریق به‌کارگیری نرم‌افزار SPSS-16 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن صورت گرفت. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم

جدول ۳- میانگین مربعات اثر زمان نمونه‌برداری بر شدت جریان‌های خزشی (I_c)، جهشی (I_{sal})، معلق (I_{sus}) و کل (I_t) ذرات حاصل از فرسایش خاک‌های جنوب شرق حوزه دریاچه ارومیه.

Table 3. Mean squares of sampling time on the creeping intensity (I_c), saltation intensity (I_{sal}), suspended intensity (I_{sus}) and total intensity (I_t) of eroded particles from the South-Eastern soils of Lake Urmia basin.

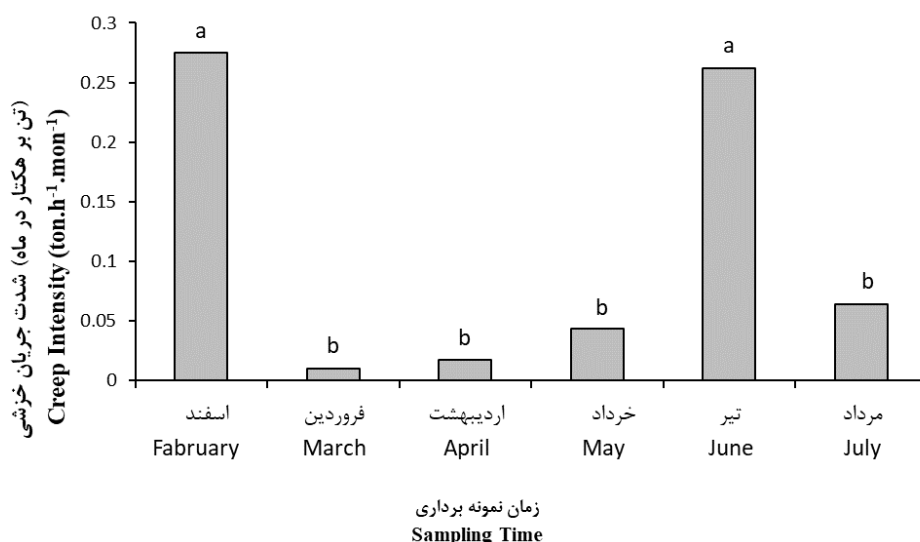
میانگین مربعات Average of squares				درجه آزادی df	منابع تغییرات Sources of variations
شدت جریان کل Total Intensity I_t	شدت جریان معلق Suspension Intensity I_{sus}	شدت جریان جهشی Saltation Intensity I_{sal}	شدت جریان خزشی Creep Intensity I_c		
2.436*	0.626**	1.302**	0.045**	5	زمان نمونه‌برداری Sampling time
1.010	0.014	0.067	0.002	12	خطای آزمایش Experiment error
41.26	18.9	18.88	99.38		ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

*, **, ns به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱ درصد، ۵ درصد و عدم معنی‌داری

**, *, ns are significant ($P < 0.01$), ($P < 0.05$) and non-significant respectively

میلی‌متر و در تیر ماه صفر) و سرعت باد بیش‌تر بوده است (حداکثر سرعت باد در اسفندماه ۱۶ متر بر ثانیه و در تیرماه ۱۸ متر بر ثانیه). بنابراین به‌علت بالا بودن حداکثر سرعت باد در این ماه‌ها و نبود پوشش گیاهی در اسفند ماه و خشک بودن خاک در تیرماه، بیش‌ترین فرسایش بادی در این ماه‌ها اتفاق افتاد. در فروردین‌ماه نیز به علت بالا بودن بارندگی (مجموع بارندگی ماهانه ۷۸/۳ میلی‌متر) و رطوبت بالای خاک، کم‌ترین میزان فرسایش مشاهده شد.

همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، بیش‌ترین میانگین شدت جریان ذرات خزشی در ماه‌های اسفند و تیر (به ترتیب ۰/۲۷۴۷ و ۰/۲۶۱۷ تن در هکتار در ماه) و کم‌ترین مقدار آن در فروردین‌ماه (۰/۰۱ تن در هکتار در ماه) دیده شد. اگر این نتیجه با اطلاعات هواشناسی منطقه مورد مطالعه (جدول ۲) مقایسه گردد، می‌توان ملاحظه نمود که مقدار بارندگی در این ماه‌ها (اسفند و تیر) نسبت به سایر ماه‌ها پایین‌تر (مجموع بارندگی ماهانه در اسفند ماه ۱۰/۹



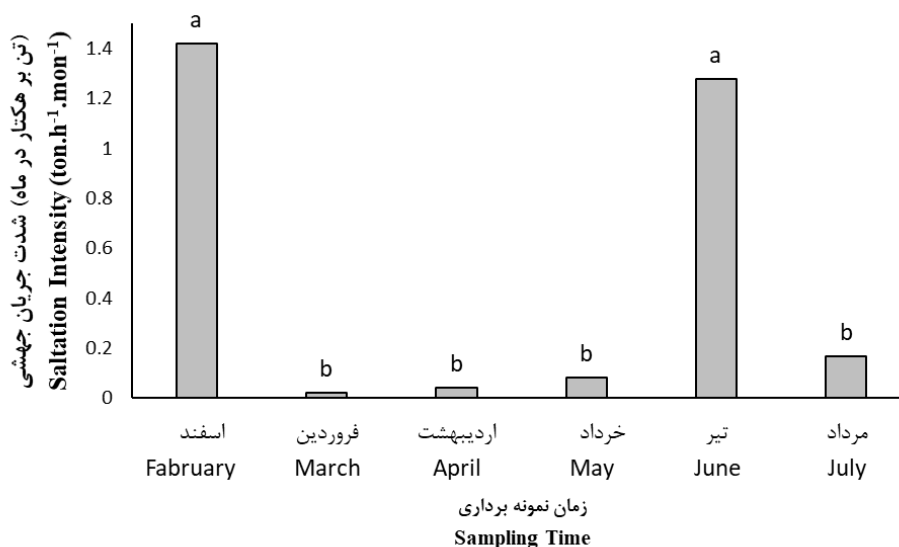
شکل ۳- مقایسه میانگین اثر زمان بر شدت جریان خزشی.

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد ندارند

Figure 3. Mean Comparison of the sampling time on the I_c .
Means followed by the same superscript letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test at $P < 0.01$

اسفند و تیر (به ترتیب ۱/۴۱۸۲ و ۱/۲۷۶ تن در هکتار در ماه) و کم‌ترین مقدار آن نیز در فروردین‌ماه (۰/۰۲۲ تن در هکتار در ماه) مشاهده گردید.

شکل ۴ مقایسه میانگین اثر زمان نمونه‌برداری بر روی شدت جریان جهشی حاصل از فرسایش خاک‌های اطراف دریاچه ارومیه را نشان می‌دهد. بیش‌ترین میانگین شدت جریان جهشی نیز در ماه‌های



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر زمان نمونه‌برداری بر شدت جریان جهشی.

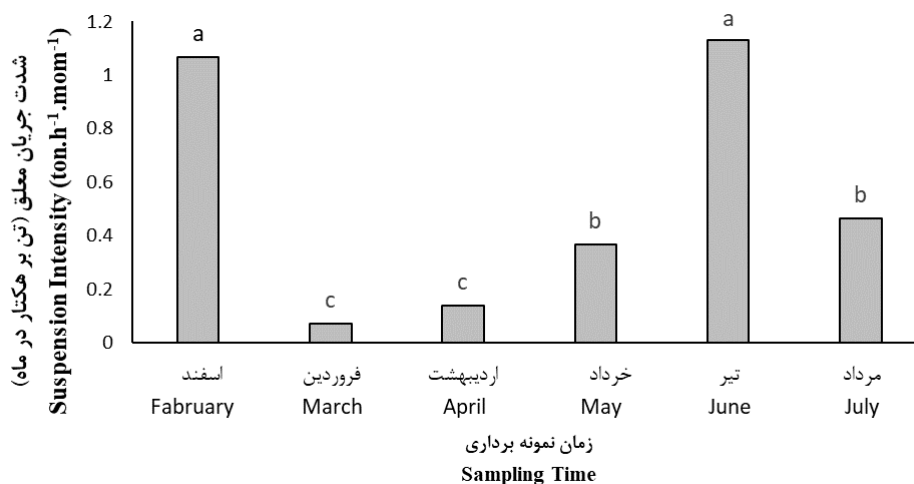
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد ندارند

Figure 4. Mean Comparison of the sampling time on the I_{sal} .

Means followed by the same superscript letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test at $P < 0.01$

در هکتار در ماه) و کم‌ترین مقدار آن در ماه‌های فروردین و اردیبهشت (به ترتیب ۰/۱۳۹ و ۰/۱۳۹ تن در هکتار در ماه) مشاهده گردید.

شکل ۵، مقایسه میانگین اثر زمان نمونه‌برداری بر روی شدت جریان ذرات معلق را نشان می‌دهد. بیش‌ترین میانگین شدت جریان ذرات معلق در ماه‌های اسفند و تیر (به ترتیب ۱/۰۶۷ و ۱/۱۳۰۳ تن



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر زمان نمونه‌برداری بر شدت جریان معلق.

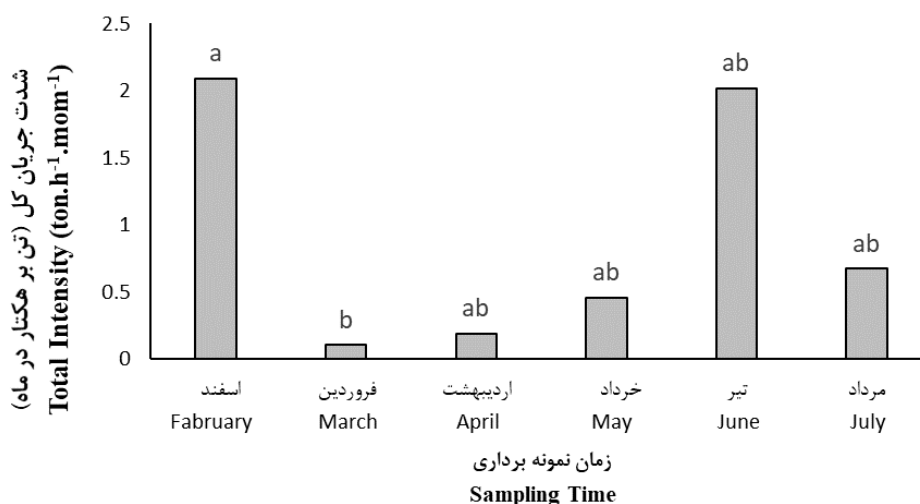
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد ندارند

Figure 5. Mean Comparison of the sampling time on the I_{sus} .

Means followed by the same superscript letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test at $P < 0.01$

می‌باشد، بلکه فرسایش‌پذیری سطح خاک و شدت انتشار گرد و غبار، متأثر از رویدادهای قبلی فرسایش است و این عامل می‌تواند میزان فرسایش را افزایش یا کاهش دهد (۱۳). در منطقه مورد مطالعه، با توجه به این‌که در طول ماه‌های سرد زمستان، سطح زمین عاری از پوشش گیاهی بوده، علاوه بر این، به‌علت یخ بستن و ذوب شدن متناوب رطوبت موجود و به‌دنبال آن سله بستن سطح زمین، میزان شدت جریان فرسایش بادی در اسفندماه بیش‌ترین مقدار بود.

شکل ۶، مقایسه میانگین اثر زمان نمونه‌برداری بر روی شدت جریان کل را نشان می‌دهد. همان‌طور که در نمودارهای قبلی نیز مشاهده گردید بیش‌ترین میانگین شدت جریان ذرات در ماه اسفند و تیرماه (به‌ترتیب ۲/۰۹۱ و ۲/۰۱۵۳ تن در هکتار در ماه) و کم‌ترین مقدار آن در فروردین‌ماه (۰/۱۰۰۷ تن در هکتار در ماه) مشاهده گردید. کلوز و همکاران (۲۰۱۹) گزارش نمودند که میزان فرسایش بادی علاوه‌بر این‌که متأثر از ویژگی‌های خاک (فرسایش‌پذیری خاک)



شکل ۶- مقایسه میانگین اثر زمان نمونه‌برداری بر شدت جریان کل.

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد ندارند

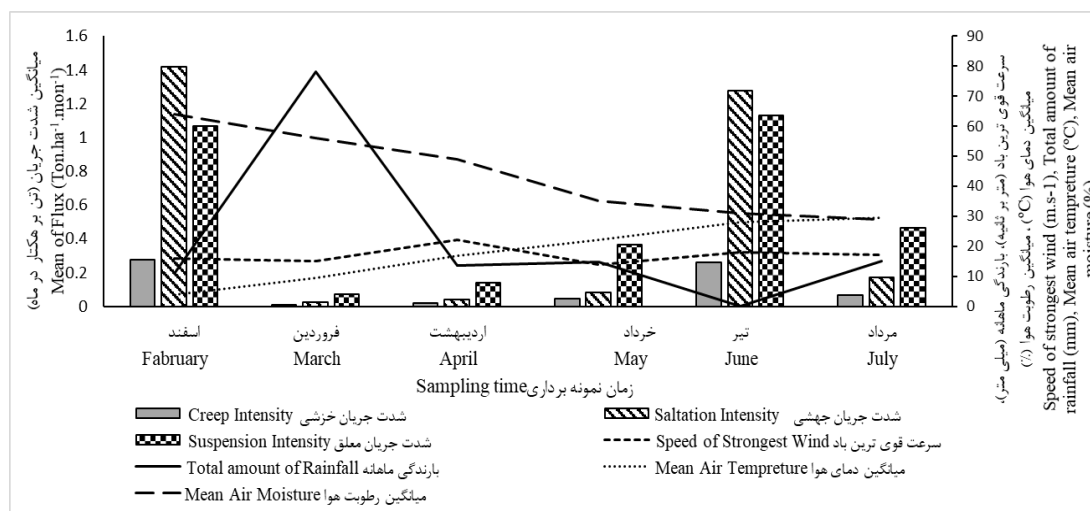
Figure 6. Mean Comparison of the sampling time on the I_t . Means followed by the same superscript letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test at $P<0.01$

گردید. بنابراین می‌توان به نقش بالای بارندگی و پوشش گیاهی، علائم وجود بادهای شدید و دائم در منطقه در طول ۶ ماه طبق آمار هواشناسی (جدول ۲) پی برد. براساس مطالعه ذبیحی و همکاران (۲۰۱۸) حمل و نقل رسوب بادی در ماه مارس (۱۰ اسفند تا ۱۱ فروردین)، ژوئن (۱۱ خرداد تا ۹ تیر) و اکتبر (۹ مهر تا ۹ آبان) در منطقه دریاچه ارومیه رخ می‌دهد و این ماه‌ها ۵۳ درصد از کل ذرات معلق را تشکیل

رابطه بین انواع شدت جریان و پارامترهای اصلی هواشناسی: در خصوص نتایج به‌دست آمده، طبق اطلاعات هواشناسی منطقه مورد مطالعه (جدول ۲) و مشاهدات میدانی، در فروردین‌ماه رطوبت خاک بسیار بالا بود، در نتیجه به علت بالا بودن حداکثر سرعت باد و نبود پوشش گیاهی در اسفندماه و خشک بودن خاک در تیرماه بیش‌ترین فرسایش بادی در اسفند و تیرماه و کم‌ترین مقدار آن در فروردین‌ماه مشاهده

تیرماه بیش‌ترین سهم مربوط به مؤلفه شدت جریان جهشی و در سایر ماه‌ها مربوط به شدت جریان معلق است.

می‌دهد. بالاترین حمل و نقل ذرات معلق نیز در ماه مارس رخ داده است (۲۲). اگر به اعداد شدت جریان دقت گردد، ملاحظه می‌گردد که از بین مؤلفه‌های شدت جریان (خزشی، جهشی و معلق)، در اسفند و



شکل ۷- رابطه بین میانگین انواع شدت جریان (خزشی، جهشی و معلق) و پارامترهای اصلی هواشناسی در منطقه مورد پژوهش.

Figure 7. The relationship between the Mean types of Intensity (I_c , I_{sal} and I_{sus}) and main meteorological parameters at the study site.

افزایش مقدار شدت جریان در این ماه گردیده است. طبق اطلاعات آمده در جدول ۲، اسفندماه نیز دارای بارندگی کم (۱۰/۹ میلی‌متر) و سرعت باد نسبتاً زیاد (۱۶ متر بر ثانیه) است. طبق مشاهدات میدانی، در اسفندماه هنوز زمین به حالت یخ زده بوده و عاری از پوشش گیاهی بود، در نتیجه همان‌طور که در نتایج دیدیم، در این ماه نیز مانند تیرماه، مقادیر بالایی از شدت جریان ذرات ثبت گردیده است.

شکل ۷ رابطه بین شدت جریان ذرات جمع‌آوری شده و پارامترهای اصلی هواشناسی (مجموع بارندگی ماهانه (R)، سرعت قوی‌ترین باد (V)، میانگین درجه حرارت ماهانه (T) و میانگین رطوبت هوا (M)) در منطقه مورد مطالعه و در طول مدت پژوهش (اسفند ۱۳۹۵ تا مرداد ۱۳۹۶) را نشان می‌دهد. همان‌طور که از شکل ۷ و جدول ضرایب همبستگی (جدول ۴)

طبق اطلاعات هواشناسی منطقه مورد مطالعه (جدول ۲)، میزان بارندگی ماهانه در فروردین‌ماه بیش‌ترین مقدار بود (۷۸/۲ میلی‌متر)، از طرفی سرعت باد در این ماه تقریباً کم بود (۱۵ متر بر ثانیه)، اگر با داده‌های به‌دست آمده در خصوص شدت جریان (شکل‌های ۳ تا ۷) مقایسه گردد، می‌بینیم که میزان شدت جریان در فروردین‌ماه کم‌ترین مقدار را دارا بود. طبق اطلاعات جدول ۲، سرعت باد در اردیبهشت‌ماه، بیش‌ترین مقدار را داشت (۲۲ متر بر ثانیه) اما چون در این ماه، زمین از پوشش گیاهی خوبی برخوردار بود، مقدار شدت جریان در این ماه چشمگیر نبود. در تیر ماه، علاوه بر این‌که بارندگی وجود ندارد (صفر میلی‌متر)، مقدار میانگین رطوبت هوا نیز کم بوده (۳۱ درصد)، از طرفی سرعت باد نیز زیاد بود (۱۸ متر بر ثانیه)، تمامی عوامل موجب

درصد نسبی ذرات ریز افزایش یافته و توزیع اندازه ذرات به سمت ذرات ریزدانه‌تر متمایل می‌شود (۸). مدل‌های لگاریتمی^۱، خطی^۲، توانی^۳ و نمایی^۴ برای بررسی رابطه بین شدت جریان ذرات معلق و ارتفاع از سطح خاک مورد آزمایش قرار گرفت و مشاهده گردید برای اکثر ماه‌ها، رابطه توانی (رابطه ۲) بهترین تابع برای تشریح تغییرات شدت جریان و ارتفاع از سطح خاک می‌باشد و بالاترین ضریب همبستگی را با رابطه توانی نشان می‌دهد. زوبک و فریر (۱۹۸۶) و فریر (۱۹۸۷) از تابع توانی برای بیان شدت جریان ته‌نشست‌های بادی در ارتفاع زیر ۰/۱۵ متر استفاده نمودند (۱۸ و ۲۰). وریس و فریر (۱۹۸۸) نیز استفاده از تابع توانی را برای ارتفاع ۰/۵ متر و بالاتر از آن توصیه نمودند (۲۴). فریر و صالح (۱۹۹۳) و دانگ و همکاران (۲۰۱۰) نیز نتیجه گرفتند که تغییرات شدت جریان با ارتفاع از سطح خاک از رابطه توانی تبعیت می‌کند (۱ و ۵).

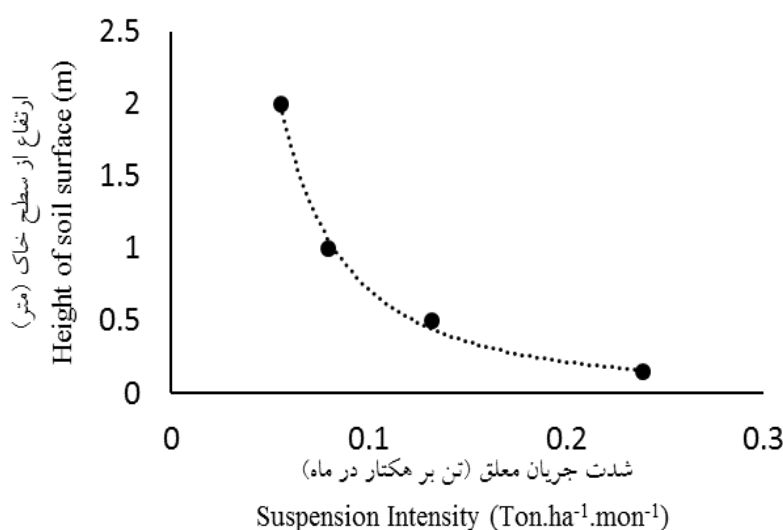
$$I(z)=0.0133 z^{-1.73} \quad R^2 = 0.99 \quad (2)$$

که در آن، $I(z)$ شدت جریان ذرات معلق (کیلوگرم بر مترمربع در روز) و z ارتفاع از سطح خاک (متر) می‌باشد.

نکته دارای اهمیت آنست که در اسفند و تیرماه شدت جریان جهشی و در سایر ماه‌ها شدت جریان معلق، مؤلفه غالب نسبت به سایر مؤلفه‌هاست. از آنجائی‌که ذرات معلق قادر به طی نمودن مسافت‌های طولانی نیز می‌باشد (۱۹)، این موضوع باید در مطالعات و راهکارهای مقابله با فرسایش بادی در نظر گرفته شود. ذرات معلق حاصل از فرسایش بادی به‌علت سبک‌تر بودن که آن نیز مرهون ابعاد کوچک‌تر این ذرات نسبت به ذرات جهشی و خزشی است (کوچک‌تر از ۰/۱ میلی‌متر)، در نتیجه تا ارتفاعات بالاتری از سطح خاک انتقال می‌یابد، بنابراین مطالعه تغییرات شدت جریان ذرات معلق نسبت به ارتفاع لازم و ضروری به نظر می‌رسد.

توزیع عمودی شدت جریان ذرات معلق: برای تعیین توزیع عمودی شدت جریان ذرات معلق، از داده‌های مربوط به شدت جریان ذرات معلق جمع‌آوری شده از نمونه‌گیرهای BSNE در چهار ارتفاع (ارتفاع‌های ۰/۱۵ - ۰/۵ - ۱ و ۲ متر) استفاده گردید. به این ترتیب که در محور y ها، ارتفاع از سطح خاک و در محور x ها، مقادیر شدت جریان ذرات معلق که از شدت جریان جهشی (بر اساس اندازه ذرات جمع‌آوری گردیده) تفکیک شده بود، استفاده گردید (شکل ۸). همان‌طور که از نمودار مشخص است، با افزایش ارتفاع از سطح خاک شدت جریان ذرات معلق کاهش یافت. طبق مطالعه ذبیحی و همکاران (۲۰۱۸)، با افزایش ارتفاع از سطح خاک میزان ذرات معلق کاهش یافت (۱۹). ترکیب رسوب به دام افتاده در نمونه‌گیرهای BSNE با افزایش ارتفاع بسیار تغییر می‌کند، به طوری که با افزایش ارتفاع، با توجه به کاهش شدید مقدار رسوب به دام افتاده،

1- Logarithmic
2- linear
3- power
4- Exponential



شکل ۸- نمودار تغییرات میانگین شدت جریان معلق نسبت به ارتفاع از سطح خاک در طول دوره پژوهش.

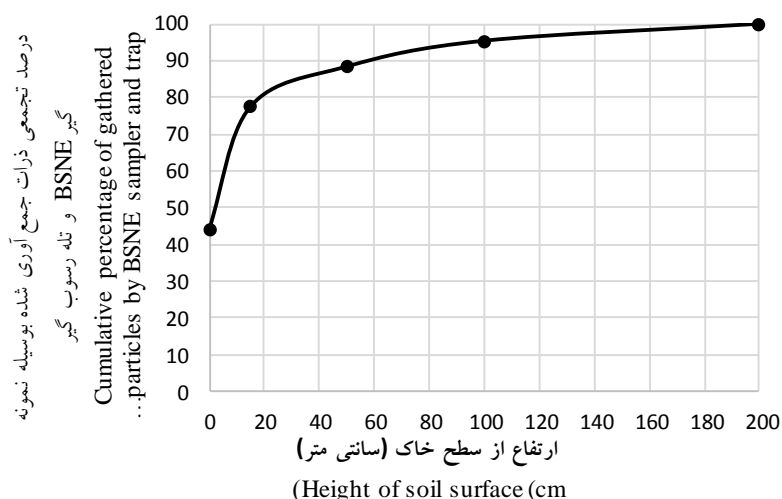
Figure 8. Variation in mean suspended Intensity and height of soil surface during the research period.

از فاصله‌های طولانی حمل می‌شود (۵). در مطالعه مشابهی، چپیل و میلن (۱۹۳۹) اندازه‌گیری‌های صحرایی را در خاک لومی انجام دادند و دریافتند که ۵۷ درصد از جریان جرمی کل در زیر ارتفاع ۵ سانتی‌متری و ۹۳ درصد در زیر ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری صورت می‌گیرد (۲۵) و توزیع مواد فرسایش یافته ممکن است با ارتفاع، بافت خاک و رطوبت خاک تغییر کند، اما مقدار نسبی، احتمالاً برای تمام سطوح ثابت است (۳). فریر و همکاران (۱۹۹۱) نیز به این نتیجه رسیدند که اکثریت مواد فرسایش یافته در زیر ارتفاع ۰/۳ متر حرکت می‌کند (۲۶).

$$R^2=0.99 \quad Q(z)=275.34 z^{-0.91} \quad (3)$$

که در آن، Z ارتفاع از سطح خاک (متر)

شکل ۹ درصد تجمعی وزن ذرات جمع‌آوری شده به وسیله نمونه‌گیر BSNE را به صورت تابعی از ارتفاع از سطح خاک نشان می‌دهد. ۷۷/۴ درصد ذرات در زیر ارتفاع ۱۵ سانتی‌متری، حدود ۸۸/۳ درصد ذرات در زیر ارتفاع ۵۰ سانتی‌متری، ۹۵/۳ درصد ذرات هم در زیر ارتفاع ۱۰۰ سانتی‌متری منتقل شده است. به عبارت دیگر، اکثر ذرات در فاصله کوتاه‌تری بر زمین خواهد نشست و درصد کمی از ذرات در فاصله‌های طولانی حرکت خواهد کرد. دانگ و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از درصد تجمعی ذرات معلق به عنوان عملکردی از ارتفاع حاصل از رابطه ۳ به این نتیجه رسیدند که ۸۰ درصد جریان زیر ۵ متر و ۹۰ درصد ذرات زیر ارتفاع ۱۵ متری از سطح حمل می‌شود و بیش‌تر جریان‌ها در یک فاصله کوتاه به زمین می‌رسد و تنها یک کسر کوچکی از ذرات، بیش



شکل ۹- درصد تجمعی ذرات جمع‌آوری شده به وسیله نمونه‌گیر BSNE و تله رسوب‌گیر به عنوان تابعی از ارتفاع از سطح خاک.

Figure 9. Cumulative percentage of gathered particles by BSNE sampler and trap as a function of height of soil surface.

برخوردار بود، در نتیجه میزان شدت جریان در این ماه، بسیار پایین به‌دست آمد. در کل، میزان فرسایش بادی در منطقه مورد مطالعه ۱۱/۰۲۸ تن بر هکتار در سال به‌دست آمد.

بین شدت جریان خزشی (بخش مربوط به فرسایش بادی)، معلق و کل با مجموع بارندگی ماهانه رابطه عکس و با سرعت قوی‌ترین باد رابطه مستقیم وجود داشت. در تمام طول مدت پژوهش، شدت جریان ذرات معلق با افزایش ارتفاع از سطح خاک کاهش یافت و تابع توانی بهترین تابع برای تشریح این تغییرات بود.

با توجه به نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، که نشان داد بخش بزرگی از ذرات، در ارتفاع زیر ۱۵ سانتی‌متر از سطح خاک در حال حرکت است. می‌توان با استفاده از روش‌هایی مانند مالچ پاشی، شخم زمین عمود بر جهت باد غالب فرساینده و هم‌چنین کشت گیاهان هالوفیت (شورپسند) بومی منطقه (در صورت تأمین آب)، شدت فرسایش بادی منطقه را کاهش داد.

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش، شدت جریان ذرات خزشی، جهشی و معلق حاصل از فرسایش بادی بخشی از حوزه دریاچه اورمیه (جنوب شرق) در طول دوره شش ماهه مورد مطالعه قرار گرفت. هم‌چنین تغییرات عمودی شدت جریان ذرات معلق با ارتفاع از سطح خاک و اثر دوره‌های زمان نمونه‌برداری بر روی شدت جریان مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج پژوهش نشان داد که بیش‌ترین میانگین شدت جریان کل در ماه‌های اسفند ۹۵ و تیر ۹۶ (به‌ترتیب ۲/۰۹۱ و ۲/۰۱۵۳ تن بر هکتار در ماه) و کم‌ترین مقدار آن در فروردین ماه (۰/۱۰۰۷ تن بر هکتار در ماه) بود. سرعت باد در اسفندماه (۱۶ متر بر ثانیه) نه زیاد و نه کم بود، اما به‌دلیل این‌که سطح زمین کاملاً عاری از پوشش گیاهی بود، در نتیجه میزان شدت جریان زیاد بود. در تیرماه، بارندگی بسیار کم (صفر میلی‌متر) و سرعت باد (۱۸ متر بر ثانیه) بالا بود، در نتیجه شاهد میزان فرسایش بالایی در تیرماه بودیم. بارندگی در فروردین ماه (۷۸/۲ میلی‌متر) بیش‌ترین مقدار و زمین نیز از پوشش گیاهی خوبی

منابع

1. Fryrear, D.W., and Saleh, A. 1993. Field wind erosion: vertical distribution. *Soil Science*, 155: 4. 294-300.
2. Fryrear, D.W. 1986. A field dust sampler. *Journal of Soil and Water Conservation*. 41: 2. 117-120.
3. Fryrear, D.W., Stout J.E., and Gillette D.A. 1988. Instrumentation for wind erosion. In *Wind erosion conference*, pp. 117-132.
4. Goossens, D., and Offer Z.Y. 2000. Wind tunnel and field calibration of six aeolian dust samplers. *Atmospheric environment*, 34: 7. 1043-1057.
5. Dong, Z., Man, D., Luo, W., Qian, G., Wang, J., Zhao, M., Liu, S., Zhu, G., and Zhu, S. 2010. Horizontal aeolian sediment flux in the Minqin area, a major source of Chinesedust storms. *Geomorphology*. 116: 58-66.
6. Goossens, D., and Buck, B.J. 2012. Can BSNE (Big Spring Number Eight) samplers be used to measure PM10, respirable dust, PM2. 5 and PM0.1. *Aeolian Research*, 5: 43-49.
7. Saeedi, D., and Saleh Poor, A. 2017. Investigating the Factors affecting the Intensity of Wind Erosion by IRIFR Model Case Study: Aran and bidgel. 1st International Congress of Water, Soil and Environmental Sciences, Tehran, Alborz Conference, ShahidBeheshti University.
8. Karim Zadeh, H.R., and Jalalian, A. 2002. Application of BSNE sampler in investigating the vertical distribution of eroded wind sediment in the eastern part of Isfahan. *Agricultural Sciences and Technology and Natural Resources*. 6: 3. 121-138.
9. 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.
10. Dehghan, P., Vali Zadeh, S., and Khosravi, H. 2016. Investigating the factors of drying up of Lake Urmia and its remediation strategies, Second National Conference on Water, Human and Land, Isfahan, Tourism Development Co.
11. Vafayian, M., Hanjari R.A., and Mirzapoor Pirdosti, A. 2017a. Evaluation of Urmia Lake Recovery Methods. Third National Conference on Civil Engineering and Sustainable Development of Iran.
12. Lak, R., DarvishiKhatoni, J. and Mohammadi, A. 2012. Paleolimnological studies and causes of sudden decrease in water level of Urmia Lake. *Journal of Applied Geology*, 7: 4. 343-358.
13. Klose, M.E., Gill, Th., Etyemezian, V., Nikolich, G., Ghodsi Zadeh, Z.P., Webb, N., and Van Pelt, R.S. 2019. Dust emission from crusted surfaces: Insights from field measurements and modelling. *Aeolain Research*. 40: 1-14.
14. Hasan Zadeh, Y. 2012. Investigating the Causes of Urmia Lake Water Level Reduction and Presenting Remedies. 5th International Congress of Islamic Geographers, Tabriz, Tabriz University.
15. Bani Habib, M.E., and Garashi Abhari S.M.A. 2017. Evaluation of Proposed Strategies for Dealing with Lake Urmia Crisis Based on Sustainable Development Criteria. *Journal of Water Resources Systems Management*. 1: 1. 1-12.
16. Tajrishi, M.M. 2016. The revival of Urmia Lake, Challenges, and necessities. The International Conference on Geographic and Environmental Impacts of Urmia Lake Conditions, the University of Tabriz. Iran. November.
17. Abdollahi, A., and Rahbani, M. 2015. Urmia lake drying and solutions for exiting the crisis, Second National Conference on Agriculture and Development, Tehran, Narkish Information Institute.
18. Zobeck, T.M., and Fryrear, D.W. 1986a. Chemical and Physical characteristics of windblown sediments. I. Quantities and Physical Characteristics. Published by the American Society of Agricultural Engineers, 29: 4. 1032-1036.

19. Zabihi, F., Esfandiari, M., Dalalian, M.R., and Moeni, A. 2018. Horizontal Flux of Suspended Particles Sampling by Big Spring Number Eight (BSNE) Sampler in Lake Urmia Area. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16: 2. 1313-1337.
20. Fryrear, D.W. 1987. Aerosol measurements from 31 dust storm. In: T. Ariman, T.N. Veziroglu (ds.), *Particulate and Multiphase Proceeding*, 2. Contamination Analysis and Control. Hemisphere Publishing Corporation, New York.
21. Vories, E.D., and Fryrear D.W. 1988. Field measurements of wind erosion. *Wind Erosion Conference Proceedings*, Lubbock. Texas.
22. 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.
23. Zhang, K.C., Qu, J.J., Zu, R.P., and Fang, H.Y. 2005. Temporal variations of sandstorms in Minqin oasis during 1954–2000. *Environmental Geology*, 49: 332-338.
24. Vafayian, M., Hanjari, R.A., and Mirzapoor Pirdosti, A. 2017b. Causes of drought in Lake Urmia. *Third National Conference on Civil Engineering and Sustainable Development of Iran*, Mehr Arvand Institute of Higher Education, Sustainable Development Solutions Center.
25. Chepil, W.S., and Milne, R.A. 1939. Comparative study of soil drifting in the field and in a wind tunnel. *Scientific Agriculture*. 249p.
26. 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.

