# توزیع مکانی و زمانی نرخ فرونشست ذرات معلق اتمسفری در استان خراسان رضوی

عاطفه ضیایی [۱]، علیرضا کریمی [۲]، امیر لکزیان [۳] وحسین خادمی [۴]
۱- دانشجوی دکتری گروه علوم خاك دانشگاه فردوسی مشهد، ۲-دانشیار گروه علوم خاك دانشگاه فردوسی مشهد، ۳- استاد گروه علوم خاك دانشگاه فردوسی مشهد،۴-استاد گروه مهندسی علوم خاك دانشگاه صنعتی اصفهان

## چکیده
هدف از این مطالعه بررسی نرخ فرونشست ذرات معلق اتمسفری و توزیع زمانی و مکانی آن در نقاط مختلف استان خراسان رضوی بود. نمونه‌های فرونشست ذرات معلق به وسیله‌ی تله‌های شیشه‌ای بر روی پشت‌بام ساختمان‌های یک طبقه در ۵۰ نقطه از استان خراسان رضوی طی ۶ ماه از می تا پایان اکتبر ۲۰۱۴، مجموعاً ۳۰۰ نمونه، جمع‌آوری شدند. پس از تعیین نرخ فرونشست، نقشه خطوط هم‌غبار ماهیانه به‌وسیله نرم افزار Golden Surfer ۱۰ ترسیم شد. بررسی پراکندگی مکانی این پدیده نشان داد که کانون اصلی تمرکز فرونشست ذرات معلق ابتدا در مناطق غربی و جنوبی استان (حاشیه پلایاهای متعدد) و سپس در مناطق شرقی استان در حاشیه بیابان قره‌قوم ترکمنستان است. همچنین، توزیع زمانی نرخ فرونشست ذرات حاکی از افزایش نرخ ترسیب در دوره‌های با وقوع پدیده طوفان، ماه های می و ژوئن، نسبت به دوره‌های بدون طوفان بوده است.

واژه‌های کلیدی: توزیع مکانی و زمانی، فرونشست اتمسفری، استان خراسان ضوی

## مقدمه
ذرات معلق اتمسفری یکی از مخاطرات اقلیمی و در ردیف بزرگ‌ترین مشکلات جدی محیطی در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشند. این ذرات معلق می‌توانند منجر به تغییرات اقلیمی درمقیاس‌های جهانی و محلی، تغییر در چرخه بیولوژیکی، زمین‌شناسی و یا محیط‌زیست شوند (Wang ۲۰۰۶ , et al., ذرات معلق، با داشتن قابلیت پراکندگی زیاد، تأثیر قابل توجهی بر اکوسیستم‌ها از جمله آلودگی اتمسفر، آلایندگی خاک با عناصر سنگین و دیگر مواد آلاینده را دارند و وجود این ذرات عامل بسیار خطرناکی برای سلامتی انسان‌ها به‌ویژه برای افرادی است که دچار بیماری های تنفسی هستند. از سوی دیگر، نقش مهمی را در فرایندهای ژئومورفیك مناطق خشك و نیمه‌خشك از جمله تشکیل لس ایفا می‌کنند (Duong and Lee, ۲۰۱۱).
کانون‌های تشکیل این ذرات عمدتاً در مناطقی پست و نسبتاً مسطح، با اقلیم خشك و میانگین بارش کمتر از ۱۲۵ میلی‌متر در سال تشکیل می‌شوند. ایران از نظر ویژگی‌های خاص اقلیمی و موقعیت جغرافیایی از سرزمین‌های خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب می شود و در کمربند بیابانی جهان قرار گرفته است به همین دلیل، به‌صورت مداوم درمعرض سیستم‌های محلی و سینوپتیك ذرات معلق اتمسفری قرارمی گیرد.
در حدود ۴/۶۴ درصد ایران را مناطق خشک و فراخشك تشکیل داده است که شامل بیابان‌هایی است که می‌توانند تامین‌کننده ذرات معلق اتمسفری باشند. نواحی مرزی ایران مانند عراق در غرب، افغانستان در شرق و ترکمنستان در شمال‌شرق ایران، دارای بیابان‌های خشکی هستند که می‌توانند محل برداشت ذرات باشند. بنابراین، تقریبا تمام مناطق ایران تحت تأثیر این پدیده قرار می‌گیرد. طوفان‌ها در مناطق خشک، عمدتاً از حوضه‌های دریاچه‌های قدیمی و پلایاها منشأ می‌گیرند؛ جایی‌که رسوبات سست و غیرسیمانی می‌باشند. این حوضه‌ها عمدتاً فروافتادگی‌های بسته‌ای هستند که اکثراً در نیمکره شمالی واقع شده‌اند. دریاچه های خشك (پلایاها)، به‌عنوان مهم‌ترین منبع ذرات معلق به‌طور گسترده‌ای مورد مطالعه قرار گرفته‌اند (Goudie and Middleton, ۲۰۰۶).
استان خراسان رضوی در شمال شرقی ایران یکی از مناطقی است که با توجه به موقعیت و ویژگی‌های طبیعی (وجود پلایاهای متعدد و وسیع) از این پدیده اقلیمی تاثیر می‌پذیرد. وجود رسوبات لسی در جنوب مشهد (Karimi, et al., ۲۰۱۱)، دامنه‌های شرقی کپه‌داغ (سودمند، ۱۳۹۲) و همچنین، وجود پهنه‌های شنی روان و تثبیت شده در این استان، گواه فعالیت‌های شدید باد در دوره‌های گذشته است. ارتفاعات کپه‌داغ و بینالود که شهرهای مهمی مانند، مشهد، نیشابور و سرخس در دامنه‌های آن‌ها قرار دارند، نقش مهمی در کند کردن سرعت باد و فرونشست ذرات معلق را دارند. در دهه اخیر مطالعات گسترده ای روی فرونشست ذرات معلق اتمسفری به منظور تشخیص منشأ در مناطق خشك و نیمه‌خشك انجام شده است. به منظور اندازه گیری نرخ فرونشست تحقیقات مشابهی در ایران و سایر کشورها انجام شده است، که از آن جمله می توان به مطالعات در آسیای مرکزی (Groll, et al., ۲۰۱۳)، در ترانسکت اقلیم ارتفاعی از جندق تا کوهرنگ (Hojati, et al., ۲۰۱۱)، در مناطق شهری اصفهان(محمودی و همکاران، ۱۳۹۲) و در مناطق شهری کرمان(جعفری و همکاران، ۱۳۹۳) اشاره نمود.
با توجه به این‌که میزان فرونشست ذرات معلق اتمسفری می تواند تأثیر قابل توجهی برسلامت انسان و خصوصیات خاك در منطقه بگذارد، اطلاعات جامع و کافی از میزان فرونشست این ذرات در استان وجود ندارد؛ لذا این تحقیق با هدف بدست اوردن نرخ

فرونشست ذرات معلق اتمسفری در مناطق مختلف استان خراسان رضوی و بررسی تغییرات این نرخ طی فصل‌های بهار، تابستان و پاییز انجام شد.

## مواد و روش‌ها

ناحیه مورد مطالعه دراستان خراسان رضوی قرار دارد. مرکز این استان، شهر مشهد درعرض شمالی ۱۷ ۳۶ وطول شرقی ۵۹ ۳۶ و ارتفاع ۹۷۰ متری از سطح دریا واقع شده است. منطقه مورد مطالعه و نحوه توزیع نقاط نمونه برداری در شکل ۱ نشان داداه شده است.

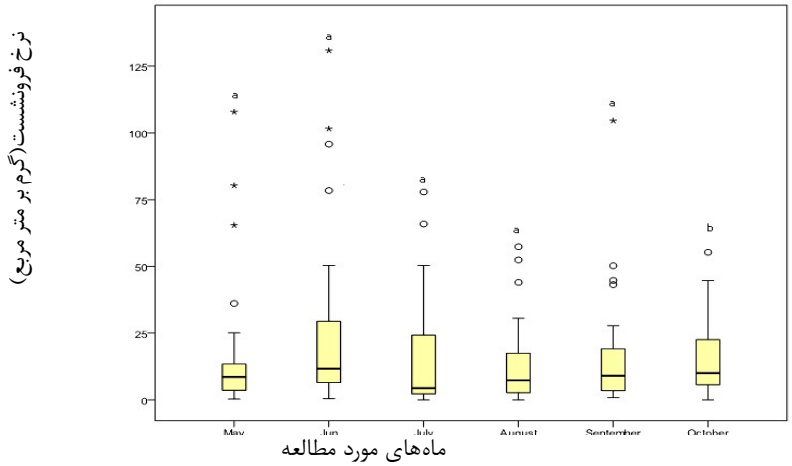
**شکل ۱ -موقعیت مناطق نمونه برداری در استان خراسان رضوی**

با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست و تلفیق آن با نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰، نقشه سطوح ژئومورفولوژی، تشکیلات زمین‌شناسی سست لس و رسوبات نئوژن (مارن‌ها) و جهت‌گیری ارتفاعات در سطح استان تهیه شد. در این مناطق براساس تغییرات زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی و توپوگرافی ۵۰ نقطه انتخاب شد. در این نقاط تله‌های رسوب‌گیر نصب و در فواصل معین زمانی، نمونه‌های فرونشست ذرات معلق جمع‌آوری شد. تله رسوب‌گیر یك صفحه شیشه ای یك متر مربعی است که یك مش پلاستیکی با منافذ ۲X۲ mm به‌وسیله پیچ بر روی صفحه به منظور به دام انداختن ذرات معلق روی آن قرار گرفته است (Hojati, et al., ۲۰۱۲). تله‌ها بر روی پشت بام ساختمان‌های یک طبقه که دارای ارتفاع حدوداً ۳ متر از سطح زمین هستند نصب گردید. ذرات رسوب کرده بر روی تله‌ها در فواصل زمانی یک ماهه با استفاده از کاردك جمع‌آوری، و پس از برداشت نمونه‌ها درون ظروف دربسته به آزمایشگاه انتقال یافت. پس از جمع‌آوری نمونه‌ها توزین شده، نرخ فرونشست ذرات بر اساس واحد جرم ذرات بر سطح تله در طول دوره نمونه‌برداری محاسبه شد.

داده‌های اقلیمی شامل دما، بارش، سمت و سرعت باد در طول نمونه برداری در مناطق مورد مطالعه از سازمان هواشناسی استان خراسان رضوی دریافت گردید. برای تعیین همبستگی بین ویژگی‌های دارای توزیع طبیعی از ضریب پیرسون استفاده شد. برای رسم نمودارهای گلباد از نرم افزار Wind Rose plot view استفاده شده برای این کار ابتدا داده های هواشناسی با استفاده از نرم افزار Saba Wind به فرمت قابل استفاده در این نرم افزار تبدیل شد.

## نتایج و بحث

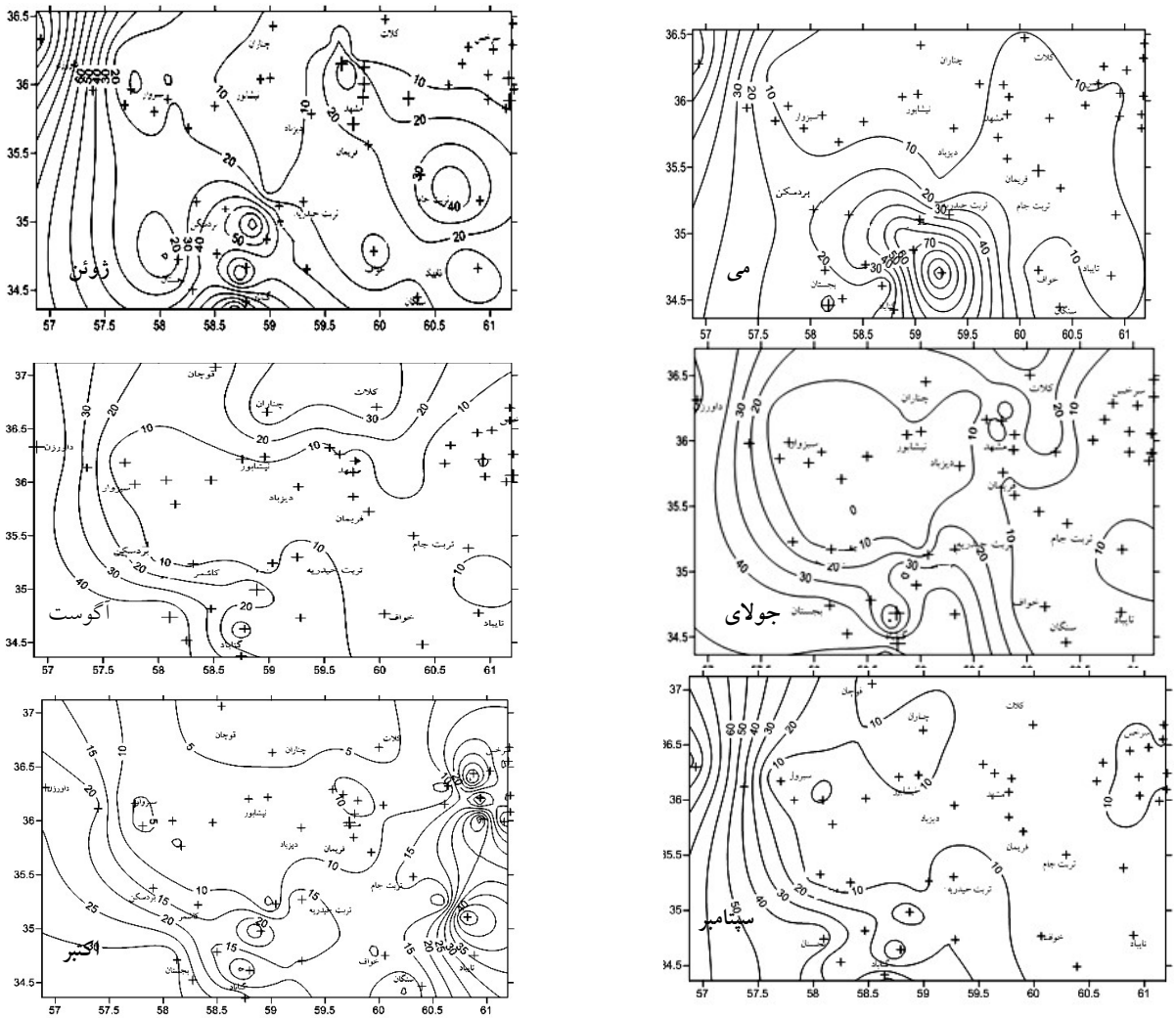
توزیع مکانی متوسط ترسیب ذرات معلق ماهیانه نشان می‌دهد که از مجموع ۳۰۰ نمونه گردوغبار جمع‌آوری شده از ۵۰ ایستگاه بین ماههای می تا اکتبر ۲۰۱۴، بیشترین نرخ متوسط فرونشست ذرات معلق اتمسفری در ماه‌های می و ژوئن با میانگین متوسط ترسیب ۲/۲۱ گرم بر متر مربع در سطح استان بوده است. همچنین بیشترین میزان متوسط فرونشست در بخش‌های غربی و جنوب غربی استان که در حاشیه پلایاهای متعدد واقع شده‌اند و کمترین میزان آن در مناطق شمالی و مرکزی استان دیده شد. شکل ۲- نمودار جعبه ای تغییرات فرونشست در طول دوره نمونه برداری نشان داده شده است.




**شکل۲- نمودار جعبه ای تغییرات فرونشست در طول دوره نمونه‌برداری**

نقشه‌های خطوط هم‌غبار ترسیم شده در سطح استان (شکل ۳) نشان دهنده زیاد بودن نرخ فرونشست ذرات معلق اتمسفری در مناطق غربی و جنوب غربی استان می‌باشد. همان‌گونه که در شکل مشاهده می شود، در مناطق غربی و جنوب‌غربی استان که در

حاشیه پلایاهای متعددی واقع شده‌اند، نرخ فرونشست ماهیانه بیشترین مقدار بود؛ به‌طوری‌که در ماه ژوئن بیشترین مقدار فرونشست و در حدود ۱۵۰ متر مربع بر گرم در حاشیه پلایای سبزوار به ثبت رسیده است. در نواحی شمالی و مرکزی استان با توجه به بیشتر بودن میزان بارندگی و در نتیجه تقویت پوشش گیاهی، کمتر بودن این نرخ مشاهده می شود. به بیان دیگر بارندگی و حضور پوشش گیاهی به خاطر تأثیری که در سرعت باد و اندازه ذرات خواهند داشت، نرخ فرونشست اتمسفری را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهند. نکته جالب توجه این که در ماه اکتبر، مقدار فرونشست کاهش یافته است ولی در شرق استان در محدوده شهرستان سرخس افزایش داشته‌است. همچنین، بررسی رژیم بادی منطقه، غالب بودن دو باد ۱- باد شمال: دارای رژیم شمال غربی - جنوب شرقی و ۲- باد موسوم به باد قبله در جهت عکس، از جنوب و جنوب شرق به سمت شمال و شمال غرب را در سطح استان نشان می‌دهد که سرعت و جهت این دو باد و غلبه هر یك از این دو باد بر دیگری می‌تواند اثر قابل توجهی بر تجمع رسوبات در مناطق و فصول مختلف بگذارد.

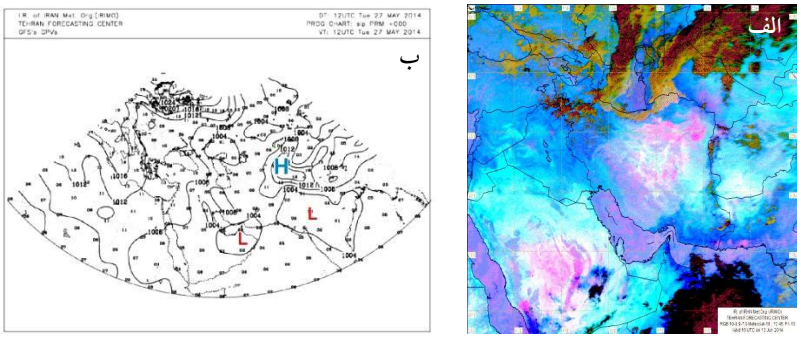



**شکل ۳- نقشه خطوط هم‌غبار در سطح استان خراسان رضوی در ماه‌های نمونه‌برداری**

در استان، بادهای ۱۲۰ روزه سیستان ( بادهای لوار)، که جریان‌های موسمی باعث ایجاد این بادها می‌شوند و طبق نظر محققان از دشت‌های ترکمنستان منشأ گرفته و بین رشته کوه‌های البرز و هندوکش جریان دارند، اثرات قابل توجهی بر روی لنداسکیپ منطقه دارند. در ماه‌هایی که وزش بادهای ۱۲۰ روزه را داشتیم بیشترین نرخ فرونشست را در مناطق غرب و جنوب‌غربی استان

مشاهده شد. ولی پس از پایان یافتن این جریان شاهد بیشترین مقدار در سرخس و نواحی شرق استان بودیم. همان‌گونه که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، در ماه اکتبر بیشترین مقدار فرونشست در منطقه شرق استان خراسان رضوی (که بیشترین رخداد طوفان نیز در این منطقه در این ماه ثبت شده) دیده می شود که با توجه به بررسی رژیم بادی ماهانه این منطقه، جهت باد غالب از شمال‌غربی منطقه، یعنی ترکمنستان می‌وزد و احتمالا میزان فرونشست نشأت گرفته از بیابان‌های قره‌قوم ترکمنستان می‌باشد. با توجه به این‌که در بخش شمالی استان و جمهوری ترکمنستان و دریای خزر هنوز زبانه‌های پرفشار سیبری عقب نشینی نکرده است و لذا شیب ها در منطقه زیاد می باشند، در شرق استان این پدیده با تأخیر اتفاق می‌افتد.

در مناطق مورد مطالعه نرخ فرونشست ذرات در دوره‌های با وقوع پدیده طوفان (ماه‌های می و ژوئن) که بیشترین رخداد طوفان در این ماه‌ها گزارش شده، بیشتر بوده است. (Hojati, et al., ۲۰۱۲) نیز با بررسی خصوصیات ذرات معلق اتمسفری در یک ترانسکت ارتفاعی-اقلیمی در استان اصفهان، افزایش نرخ فرونشست ذرات را با افزایش وقوع طوفان‌ها مرتبط دانستند. شکل ۴، تصاویر ماهواره هواشناسی و نقشه های اقلیمی مربوط به رخداد طوفان در ماه‌های می و ژوئن، کاهش فشار روی منطقه شمال شرق و تأثیرگذاری این سیستم بر روی وضعیت جوی در مرزهای جنوب‌شرقی کشور که حاکی از تقویت جریانات کم فشار جوی در جنوب استان بوده است را نشان می دهد.




**شکل ۴- الف) تصویر ماهواره هواشناسی طوفان (رنگ صورتی) ماه می ۲۰۱۴، ب) نقشه سینوپتیک اقلیمی طوفان ماه می ۲۰۱۴**

وجود مراکز کم‌فشارحرارتی درنواحی مرکزی و جنوبی ایران، حرکت پرفشار سیبری در زمستان به شمال این استان و پرفشارجنب حاره‌ای درتابستان از عوامل موثر بر وقوع طوفان‌ها معرفی شده‌اند (لشکری و کیخسروی، ۱۳۸۷). در دوره گرم سال، زمانی‌که مرکز کم‌فشاری در محدوده جنوب خراسان و کشور افغانستان بسته می‌شود و هم‌زمان زبانه‌ای از پرفشار آزرو نیز بر روی دریای سیاه و سپس دریای خزر گسترش یابد و تا ساحل جنوبی دریای خزر پیشروی نماید، سبب افزایش شیب فشار نصف‌النهاری بر روی منطقه خواهد شد. شیب فشار حاصل از استقرار همزمان مرکز چرخندی در منطقه افغانستان - جنوب خراسان و مرکز واچرخندی بر روی دریای خزر و ترکمنستان سبب وزش بادهای شدید و ایجاد طوفان بر روی منطقه می شود.

## منابع


جعفری، ف و خادمی، ح. ۱۳۹۳. ارزیابی نرخ فرونشست گرد و غبار اتمسفری در نقاط مختلف شهر کرمان . مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. شماره ۷۰، صفحه‌های ۲۰۷ تا ۲۱۷.

سودمند، ع. ۱۳۹۲. تعیین پراکنش و ویژگی‌های پدولوژیک و رسوب‌شناسی رسوبات لسی منطقه سرخس. پایان‌نامه‌ی کارشناسی‌ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

لشکری ح. و کیخسروی ق. ۱۳۸۷. تحلیل آماری سینوپتیکی توفان های گرد و غبار استان خراسان رضوی در فاصله زمانی (۲۰۰۵ - ۱۹۹۳). فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. شماره ۶۵، صفحه‌های ۱۷ تا ۳۳.

محمودی، ز. و خادمی، ح. ۱۳۹۲. استفاده از پذیرفتاری مغناطیسی در پیش‌بینی آلودگی فلزات سنگین در گرد و غبار اتمسفری اصفهان و شهرهای اطراف. مجله محیط‌شناسی، شماره ۲، صفحه‌های ۱۲۳تا ۱۳۲.

Duong T.T.T. and Lee B.K. ۲۰۱۱. Determining contamination level of heavy metals in road dust from busytraffic areas with different characteristics. Journal of Environmental Managmant, ۹۲: ۵۵۴-۵۶۲.

Groll M., Opp C. and Aslanov I. ۲۰۱۳. Spatial and temporal distribution of the dust deposition in Central Asia results from a long term monitoring program. Aeolian Research, ۹:۴۹-۶۲.

Goudie A.S. and Middleton N.J. ۲۰۰۶. Desert Dust in the Global System. Springer Verlag. Berlin, Germany.

Hojati S., Khademi H., Cano A. F. and Landi A. ۲۰۱۲. Characteristics of dust deposited along a transect between Central Iran and the Zagros Mountains. Catena, ۸۸: ۲۷-۳۶

Karimi A., Khademi H., Kehl M. and Jalaian A. ۲۰۰۹. Distribution, lithology and provenance of peridesert loess deposits in northeast Iran. Geoderm, ۱۴۸:۲۴۱-۲۵۰.

Wang S., Yuan Y. And Shang K. ۲۰۰۶. The impacts of different kinds of dust events on PM۱۰ pollution in northern China, Atmospheric Environment, ۴۰:۷۵-۷۹.

**Abstract**

The objective of this study was to investigate the spatiotemporal rate of atmospheric airborn fallout in different regions of Khorasan Razavi Provine. Airborn fallout samples were collected monthly from May to October ۲۰۱۴, using glass traps installed on the roof of ۵۰ buildings with ۳-۴ m height. Contour plots showed that focal points of monthly airborn fallout existed in western and southwestern (margin of playas), and in eastern of province (marigin of Karakum desert). The average amount of fallout in months with occurrence of dust storms (May and Jun) was considerably more than the periods without dust storms.