فصلنامه علوم‌محیطی، دوره دوازدهم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳

۱۲۰-۱۱۵

تخمین زمان ریزش پدیده چند روز غباری با استفاده از همبستگی داده‌های PM_{10} و داده‌های شیدسنج خورشیدی

سمیرا ذوالفقاری نیک‌انجام[۱*]، حمیدرضا خالصی فرد[۲] و یوسفعلی عابدینی[۳]

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد فیزیک، دانشکده فیزیک، دانشگاه زنجان، زنجان

[۲] دانشیار گروه فیزیک، دانشکده فیزیک، دانشگاه تحصیلات تکمیلی در علوم پایه زنجان و عضو پژوهشکده تغییر اقلیم دانشگاه تحصیلات تکمیلی در علوم پایه زنجان، زنجان

[۳] استادیار گروه فیزیک، دانشکده فیزیک، دانشگاه زنجان و عضو پژوهشکده تغییر اقلیم دانشگاه تحصیلات تکمیلی در علوم پایه زنجان، زنجان

تاریخ دریافت: ۹۲/۹/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۳/۲/۲۹

چکیده

امروزه آلودگی هوای مناطق شهری به یک معضل اجتماعی در مجامع بشری تبدیل‌شده و بنابراین وسایل و ابزارهای متنوعی برای اندازه‌گیری آلاینده‌ها مورداستفاده قرارگرفته است. ازجمله این وسایل دستگاه اندازه‌گیری ذرات معلق در محل و دستگاه‌های سنجش از راه دور زمین پایه است. ما در این کار زمان ریزش گردوغبار در شهر زنجان را برای چند روز غباری با استفاده از داده‌های به‌دست‌آمده از دستگاه زمینی نمونه‌برداری هواویزها و دستگاه شیدسنج خورشیدی تخمین زده‌ایم. ذرات معلق کوچک‌تر از ۱۰ میکرومتر (PM_{10}[۱]) با استفاده از اندازه‌گیری دستگاه زمینی در ارتفاع ۳ متری از سطح زمین به‌دست‌آمده است درحالی‌که عمق اپتیکی هواویزها (AOD[۲]) که معرف میزان هواویزها در ستون قائم جو می‌باشد، توسط دستگاه شیدسنج خورشیدی به‌دست‌آمده است. با توجه به نمودار ضریب همبستگی ذرات معلق کوچک‌تر از ۱۰ میکرومتر و عمق اپتیکی هواویزها در روزهای غباری نهم، دهم، بیست‌وچهارم و بیست‌وپنجم ماه ژوئن ۲۰۱۰ به ترتیب مقدار بیشینه‌ای در ۲، ۶، ۳ و ۳ ساعت قبل مشاهده گردید و این بدین معنی است که در روزهای فوق به ترتیب ۲، ۶، ۳ و ۳ ساعت طول کشیده تا گردوغبار به سطح زمین ریزش کند.

کلمات‌کلیدی: زمان ریزش، گردوغبار، شیدسنج خورشیدی، همبستگی.

Estimate of the Time of Downfall Phenomenon Dusty Days Using the Correlation of Pm_{10} Data and Sunphotometer Data

Samira Zolfaghari Nik Anjam,[1*] Hamid Reza Khalesifard[2] & Yousefali Abedini[3]

[1]MSc. Student of Physics, Faculty of Physics, University of zanjan, zanjan

[2]Associated Professor, Department of Physics, Faculty of Physics, Institute for Advanced Studies in Basic Sciences, Zanjan

[3]Assistant Professor, Department of Physics, Faculty of Physics, University of zanjan, Zanjan

Abstract

Nowadays, urban air pollution has become a social problem and therefore various tools have been used to measure pollutants. Such as these tools are the system that measure in-situ aerosol concentration and remote sensing instruments the ground-based. In this study, we estimate dust duration in Zanjan for few dust days using data achieved from aerosols sampling ground-based and sunphotometer instruments. Particulate matter less than 10 micrometer (PM_{10}) has been achieved by using ground-based instrument at a height of 3 meters upper than ground while aerosols optical depth which is reagent of aerosols amount in atmosphere orthogonal column has been achieved by sunphotometer instrument. According to the correlation coefficient between of PM_{10} and AOD in 9th, 10th, 24th, and 25th June 2010, the maximum values was obtained at o'clock 2, 6, 3, and 3, respectively. It means that 2, 6, 3, and three hours took, respectively, that the PM10 reached to the ground surface.

Keywords: Downfall, Dust, Sunphotometer, Correlation.

* Corresponding author. *E-mail Address*: s-zolfaghari@znu.ac.ir

۱- مقدمه

هواویزها ذرات ریز جامد و مایع معلق در هوا هستند که می‌توانند توسط چشمه‌های طبیعی (ذرات گردوغبار، نمک دریا و ذرات ناشی از فعالیت‌های آتش‌فشانی) و چشمه‌های مصنوعی (از قبیل فعالیت‌های صنعتی، حمل‌ونقل و سوخت) تولید شوند [۱].

امروزه پدیده گردوغبار در اکثر کشورهای منطقه ازجمله عربستان، عراق و سوریه به‌صورت یک معضل شناخته شده است. کشور ما ایران هم از این قاعده مستثنی نبوده و هرساله حداقل چندین روز و در بعضی مناطق چند ده روز مردم با مشکلات ناشی از ریزگردها مواجه می‌شوند. به‌طورکلی ساختار گردشی جو در ترکیب با ویژگی‌های پوشش سطحی و آبرفت‌های ریزدانه فراوانی که در داخل کشور و کشورهای همسایه وجود دارد، منطقه خاورمیانه و ایران را به یکی از مهم‌ترین مناطق وقوع طوفان‌های گردوغباری در دنیا مبدل ساخته است [۲]. ایران در کمربند غباری (ناحیه‌ی بین شمال آفریقا، خاورمیانه، آسیای مرکزی و جنوبی [۳]) جهان قرار دارد. همین امر به‌همراه غربی بودن جریانات گردش عمومی جو موجب شده تا در نواحی غربی ایران و ازجمله استان زنجان هم که هیچ‌گونه منبع غبار محلی وجود ندارد، با مسئله‌ی گردوغبار درگیر شوند. به‌طوری‌که در صورت پایداری نسبی جو این غبار به سطح زمین نشست نموده و باعث کاهش نمایانی افقی، بیماری‌های تنفسی و ایجاد مشکلات عدیده‌ی دیگر می‌شود. شبکه اندازه‌گیری‌های زمینی عموماً بسیار پراکنده هستند. لذا برآورد کیفیت هوا در مکان‌هایی که این ایستگاه‌ها موجود نباشند، دقت قابل قبولی ندارد. بنابراین لازم است که از منابع داده‌ای دیگری برای بررسی آلودگی هوا و کیفیت آن استفاده شود. داده‌های سنجش‌ازدور[۳] ازجمله‌ی این منابع است. برای پایش دقیق توزیع ذرات معلق و آلاینده‌های جوی از ایستگاه‌های اندازه‌گیری زمینی شیدسنج خورشیدی استفاده می‌شود. ازآنجاکه عمق اپتیکی هواویزهای به‌دست‌آمده از شیدسنج خورشیدی با غلظت آلاینده‌ها می‌تواند همبستگی داشته باشد، در این صورت از مقادیر برآورد شده‌ی عمق اپتیکی هواویزها می‌توان به‌عنوان منبعی برای کسب اطلاعات در مورد غلظت آلاینده‌ها و تحقیقات آلودگی هوا استفاده کرد. لومینیتا و همکاران در سال ۲۰۱۱ رابطه بین چگالی ذرات معلق و عمق اپتیکی هواویزها را برای دو منطقه برون‌شهری در رومانی و یک منطقه شهری در انگلستان در بازه زمانی ۲۰۰۷ تا ۲۰۰۹ بررسی کردند. نتیجه تحلیل رگرسیون خطی آن‌ها یک ضریب همبستگی معنی‌دار در حدود ۰/۷ بین عمق اپتیکی هواویزها و چگالی ذرات معلق نشان می‌داد. آن‌ها نشان دادند که استفاده از شیدسنج خورشیدی برای بهبود نظارت بر کیفیت هوا و بسط پوشش فضایی ابزار جایگزین مناسبی است. آن‌ها داده‌های عمق اپتیکی را از شبکه AERONET[۴] استخراج کرده بودند[۴].

انتقال گردوغبار بیابان در سه مرحله اتفاق می‌افتد: بارگذاری یا برداشت مواد از سطح زمین، حمل‌ونقل از طریق جو و رسوب‌گذاری.

مسافت طی شده توسط ذرات گردوغبار به عوامل مختلفی ازجمله سرعت و تلاطم باد، ویژگی ذرات گردوغبار و سرعت رسوب آن‌ها بستگی دارد. سرعت رسوب توسط توده و شکل هر یک از ذرات تعیین می‌گردد. رسوب گردوغبار جوی به سطح زمین از طریق هر دوی رسوب گرانشی (رسوب خشک) و رسوب با بارش (رسوب مرطوب) صورت می‌گیرد. رسوب مرطوب می‌تواند یا در زیر ابر رخ دهد، هنگامی‌که قطرات باران، دانه‌های برف یا دانه‌های تگرگ، گردوغبار را در طی سقوط‌شان تمیز می‌کنند و یا وقتی‌که ذرات گردوغبار درون ابر توسط قطرات آب به دام می‌افتند و زمانی که بارش رخ می‌دهد به زمین فرود می‌آیند. گاهی اوقات رسوب مرطوب می‌تواند در پدیده باران گردوغبار تجلی یابد.

اهمیت نسبی رسوب خشک و تر در ارتباط با فصول، مقدار بارش و با محل متغیر می‌باشد. رسوب مرطوب می‌تواند به‌طور مستقیم اندازه‌گیری گردد، اما رسوب خشک معمولاً با اندازه‌گیری غلظت هواویزهای گردوغبار و سرعت ته‌نشینی، تخمین زده می‌شوند [۵].

با این حال روش‌های مختلفی در دسترس است که می‌توانند به نتایج متفاوتی منتهی گردند [۶].

به‌نظر می‌رسد در حوضه مدیترانه، رسوب خشک، به‌ویژه در ماه‌های تابستان، زمانی که به‌طورمعمول غلظت گردوغبار در حالت حداکثر و مقدار بارش پایین است، غالب باشد. نسبت رسوب‌تر به خشک به‌طورمعمول زیر ۰/۲ می‌باشد و متوسط آن حدود ۰/۱ است. در مقابل، در رسوب گردوغبار آسیا بر اقیانوس آرام شمالی، رسوب

مرطوب بیش‌تر است و حتی تا ده برابر رسوب خشک می‌باشد [۷]، درحالی‌که در سرزمین داخلی چین رسوب خشک غالب است. در فاصله‌ای دورتر از سرچشمه، بر روی کره، تایوان و دریای شرق چین، رسوب مرطوب غالب است. هم‌چنان که به‌طرف جنوب حرکت می‌کنیم، کمربندی که بیشتر تحت تأثیر منطقه همگرایی بین حاره‌ای با بارش بالاتر قرار دارد، می‌توان افزایش سهم نسبت رسوب مرطوب را ملاحظه نماییم [۸].

غالباً بر روی زمین، گردوغبار به‌صورت رسوب خشک پایین می‌افتد، به‌خصوص زمانی که ذرات معلق از مرز سرزمینی با خشونت و ناهمواری بیش‌تر عبور می‌کنند. حضور پوشش گیاهی روش مهمی برای به دام انداختن گردوغبار می‌باشد. بااین‌وجود تکه‌های سنگ نیز همین عمل را انجام می‌دهند، اگرچه چنین پوشش زمینی احتمالاً کمتر از ۲۰ درصد گردوغبار رسوب کرده را می‌تواند حفظ کند [۹].

به‌طورکلی هرچه ذرات گردوغبار بزرگ‌تر باشد، بعد از تعلیق زودتر به زمین سقوط خواهند کرد و بر اساس تئوری‌های رایج مربوط به سرعت‌های رسوب، بخش بزرگی از ذرات حمل شده به مسافت بیش از ۱۰۰ کیلومتری منبع، کمتر از ۲۰ میکرومتر قطر دارند [۱۰].

باید بین رسوب گردوغبار و انباشت گردوغبار تمایز قائل شد. هم‌چنان که گوسنس (۲۰۰۵) خاطرنشان کرده است، رسوب به میزان ته‌نشینی‌ای اطلاق می‌شود که در واحد زمان بر واحد سطح اثر می‌گذارد درحالی‌که انباشت میزان رسوبی است که در انتهای یک فاصله زمانی خاص در واحدی از سطح باقی می‌ماند.

اطلاعات موجود در خصوص میزان رسوب در وقایع مجزا حاکی از این است که این مقادیر می‌تواند از میزان بالایی برخوردار باشد. به‌عنوان مثال در رخداد بارش گردوغبار ۱۹۰۱ بر روی آفریقای شمالی تخمین زده‌شده که میزان ۱۵×۱۰^{۷} تن رسوب رخ داده باشد و در بارش گردوغبار ۱۹۰۳ در انگلستان تخمین زده شده که تقریباً میزان $۱۰^{۷}$ تن رسوب ایجاد شده باشد.

در این تحقیق هدف برآورد زمان ریزش گردوغبار در شهر زنجان بوده لذا ابتدا سرعت سقوط ذرات معلق کوچک‌تر از ۱۰ میکرومتر را با استفاده از قانون استوکس محاسبه نموده سپس زمان ریزش این ذرات را برای چند روز غباری در فصل تابستان با استفاده از نمودار همبستگی ذرات معلق کوچک‌تر از ۱۰ میکرومتر و عمق اپتیکی هواویزها به‌دست آوردیم که این رسوب گردوغبار از نوع رسوب خشک می‌باشد.

۲-مواد و روش‌ها

اندازه‌ی هواویزها می‌تواند از چند نانومتر تا صد میکرومتر تغییر کند و ویژگی هواویزها به‌شدت به اندازه‌ی آن‌ها بستگی دارد.

توزیع اندازه ذرات یک پارامتر مهم جهت تعیین دینامیک ذرات، جابجایی آن‌ها، ته‌نشینی و زمان ماندگاری هواویزها درجو می‌باشد. به‌طوری‌که ذرات معلق کوچک‌تر از ۱۰ میکرومتر درجو در کمتر از چند ساعت پس از انتشار ته‌نشین می‌شود و ذرات معلق کوچک‌تر از ۲/۵ میکرومتر برای مدت روزها یا چند هفته در هوا معلق باقی می‌ماند و می‌تواند مسافت‌های طولانی‌تری را بپیماید.

از ویژگی‌های ذرات درشت‌دانه این است که تحت تأثیر نیروی گرانش سریع ته‌نشین می‌شوند و مدت زمان کمتری در جو حضور دارند، لذا می‌توان نتیجه گرفت که این ذرات غالباً نزدیک به منابع انتشار خود هستند، درحالی‌که ذرات در مد ریزدانه نسبت به ذرات در مدهای دیگر مدت زمان بیش‌تری در جو حضور دارند. در نتیجه این ذرات غالباً به دور از منابع خود ته‌نشین می‌شوند.

برای بررسی همبستگی بین عمق‌اپتیکی هواویزها و چگالی ذرات معلق از فرمول همبستگی زیر استفاده شده است.

$$corr\,(x,y)=\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})(y_i-\bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2\sum_{i=1}^{n}(y_i-\bar{y})^2}} \qquad (۱)$$

در این رابطه x_i داده‌های عمق‌اپتیکی هواویزها و y_i داده‌های چگالی ذرات معلق کوچک‌تر از ۱۰ میکرون می‌باشد.

به‌همین منظور داده‌های عمق‌اپتیکی هواویزها در طول موج ۸۷۰ نانومتر از دستگاه شیدسنج خورشیدی واقع در دانشکده فیزیک دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان و داده‌های ساعتی چگالی ذرات معلق کوچک‌تر از ۱۰ میکرون از اداره محیط‌زیست زنجان اخذ شد.

۳- نتایج و بحث

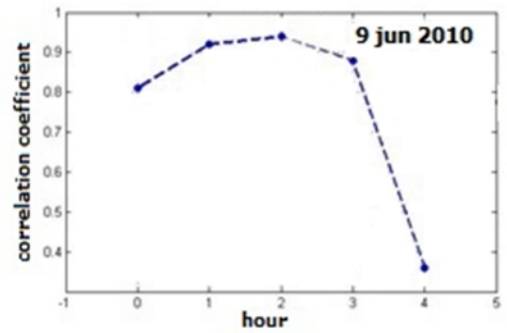
مکانیسم اصلی ته‌نشینی هواویزها به دو صورت فرآیند ته‌نشینی خشک و مرطوب است. ته‌نشینی خشک زمانی اتفاق می‌افتد که یک ذره تحت تأثیر نیروی گرانش به سطح زمین سقوط کند و ته‌نشینی مرطوب زمانی اتفاق می‌افتد که چندین ذره با قطرات آب باران به سمت زمین فرود بیایند.

ساده‌ترین نوع حرکت هواویزها در جو حرکت یکنواخت و مستقیم‌الخط آن‌هاست. تحت چنین شرایطی، سرعت هواویزها به یک مقدار ثابت می‌رسد که متناسب با نیروی خارجی بوده و به آن سرعت نهایی هواویزها می‌گویند، که در اینجا نیروی خارجی اعمال شده همان نیروی گرانش است، بنابراین حرکت هواویز به سمت پایین و به‌صورت ته‌نشین شدن است. با استفاده از قانون استوکس برای ذرات کروی، سرعت نهایی هواویزها به‌طریق زیر به دست می‌آید:

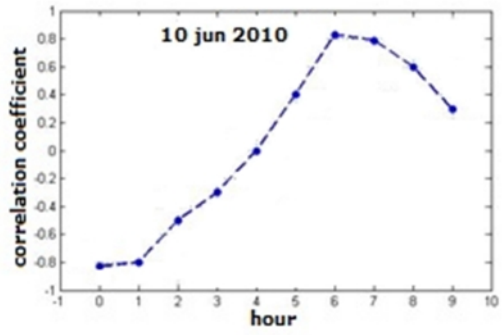
$$u_t = \frac{g(\rho_p - \rho)D_p^{\,2}}{18\mu} \qquad (۲)$$

در این رابطه g شتاب گرانشی و برابر با ۹/۸ متر بر مجذور ثانیه، ρ_p چگالی ذرات معلق، ρ چگالی هوا، D_p قطر ذره و μ ویسکوزیته هوا می‌باشد. سرعت ته‌نشینی برای ذرات معلق با قطر کوچک‌تر از ۱۰ میکرومتر حدود ۳۰ میلی‌متر بر ثانیه برآورد شده است.

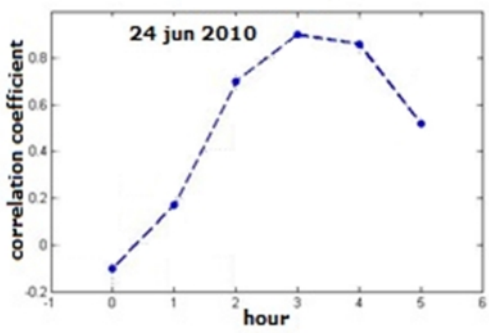
شکل ۱ تا ۴ نمودار ضریب همبستگی بین عمق اپتیکی هواویزها و چگالی ذرات معلق را برای چهار روز غباری ۹، ۱۰، ۲۴ و ۲۵ ژوئن ۲۰۱۰ با پله‌ی زمانی یک‌ساعته نشان می‌دهد.



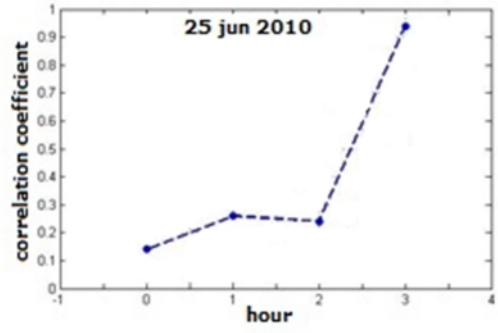
شکل ۱- ضریب همبستگی بین عمق اپتیکی هواویزها و چگالی ذرات معلق کوچک‌تر از ۱۰ میکرون با پله زمانی یک‌ساعته برای روز ۹ ژوئن ۲۰۱۰



شکل ۲- ضریب همبستگی بین عمق اپتیکی هواویزها و چگالی ذرات معلق کوچک‌تر از ۱۰ میکرون با پلهی زمانی یک‌ساعته برای روز ۱۰ژوئن ۲۰۱۰



شکل ۳- ضریب همبستگی بین عمق اپتیکی هواویزها و چگالی ذرات معلق کوچک‌تر از ۱۰ میکرون با پله زمانی یک‌ساعته برای روز۲۴ ژوئن ۲۰۱۰



شکل ۴- ضریب همبستگی بین عمق اپتیکی هواویزها و چگالی ذرات معلق کوچک‌تر از ۱۰ میکرون با پلهی زمانی یک‌ساعته برای روز ۲۵ ژوئن ۲۰۱۰

ساعت صفر همبستگی هم‌زمان این دو مؤلفه را نشان می‌دهد. در این نمودارها ضریب همبستگی بیشینه‌ای بین عمق اپتیکی هواویزها و چگالی ذرات معلق مشاهده می‌شود، به‌عنوان مثال در روز غباری ۹ ژوئن ۲۰۱۰ ضریب همبستگی بیشینه‌ای در ۲ ساعت قبل از رویداد دیده

می‌شود و بدین معنی است که ۲ ساعت طول کشیده که لایه‌ی غباری به سطح زمین نشست نماید و همین‌طور در روزهای ۱۰، ۲۴ و ۲۵ ژوئن نیز به ترتیب ۶، ۳ و ۳ ساعت طول کشیده که گردوغبار به سطح زمین ریزش کند.

۴- نتیجه‌گیری

در این مقاله زمان ریزش پدیده گردوغبار برای چهار روز غباری ۹، ۱۰، ۲۴ و ۲۵ ژوئن ۲۰۱۰ با استفاده از رابطه ضریب همبستگی بین ذرات معلق کوچک‌تر از ۱۰ میکرون و عمق اپتیکی هواویزها با پله‌ی زمانی یک‌ساعته تخمین زده شد و مشخص گردید که تقریباً حدود ۳ ساعت طول می‌کشد تا گردوغبار موجود در ستون قائم جو به سطح زمین ریزش کند و دستگاه اندازه‌گیری زمینی بتواند آن را اندازه‌گیری نماید. ازآنجایی‌که در این روزها بارندگی رخ نداده است، لذا این ته‌نشینی و رسوب از نوع رسوب خشک یا رسوب گرانشی محسوب می‌شود.

تشکر و قدردانی

از اداره محیط‌زیست زنجان و آزمایشگاه لیدار دانشگاه تحصیلات تکمیلی در علوم پایه زنجان جهت در اختیار گذاشتن داده‌های مورد نیاز تشکر و قدردانی می‌شود.

پی‌نوشت‌ها

1- Particulate matter less than 10 micrometer
2- Aerosol optical depth
3- Remote sensing
4- Aerosol Robatic Network

منابع

[1] Seinfeld H, Pandis N. Atmospheric chemistry and physics, From air pollution to climate change. New York; 1998.

[2] Mofidi A, Jaafari S. Examine the role of regional atmospheric circulation over the summer dust storms occurring in the South West of Iran in the Middle East. faculty of agriculture and Natural Resources Khuzestan Ramin, First International Congress of dust phenomena and deal with its devastating consequences; 2011.[In Persain]

[3] Prospero J.M, et al. Environmental characterization of global sources of atmospheric soil dust identified with the nimbus 7 total ozone mapping spectrometer (TOMS) absorbing aerosol product: Reviews of Geophysics; 2002.

[4] Luminita F, Sabina S. Study of the correlation between the near-ground PM10 mass concentration and the aerosol optical depth: Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics.; 2011.

[5] Prospero JM. The atmospheric transport of particles to the ocean, In: V. Ittekkot, P. Schafer, S. Honjo, PJ. Depetris, Particle flux in the ocean. Wiley, Chichester; 1996.p. 19-52.

[6] Torres-Padron ME, Gelado-Caballero MD, Collado-Sanchez C, Siruela-Matos VF, Cardona-Castellano PJ, Hernandez-Brito JJJ. Variability of dust inputs to the CANIGO zone, Deep Sea Res II ;2002.p. 49:3455-3464.

[7] Zhao TL, Gong SL, Zhang XY, McKendry IG, Modeled size aggregated wet and dry deposition budgets of soil dust aerosol during ACE-Asia, implications for trans-Pacific transport. Geophysics Res; 2003.p. 108-123.

[8] Sarthou G, et al. Atmospheric iron deposition and sea-surface dissolved iron concentrations in the eastern Atlantic Ocean, Deep Sea Res I ; 2003.p. 50:1339-1352.

[9] Goossens D. Field experiments of Aeolian dust accumulation on rock fragment substrata. Sedimentology; 1995.p. 42:391-402.

[10] Gillette DA. Environmental factors affecting dust emission by wind, In: C. Morales, Saharan dust. Wiley, Chichester; 1979.p. 71-91.