

## بررسی الگو، ساز و کار تشکیل و اثرات گرد و غبار

عباس شاهسونی<sup>1</sup>، کاظم ندافی<sup>2</sup>، مریم یاراحمدی<sup>3</sup>، محسن فرهادی<sup>3</sup>، مجید کرمانی<sup>4</sup>، الهام یاراحمدی<sup>5</sup>

- 1- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران
- 2- مرکز تحقیقات آلودگی هوا، پژوهشکده محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران
- 3- مرکز سلامت محیط و کار، وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی، تهران
- 4- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران
- 5- دانشجوی دکتری تخصصی اقلیم شناسی، دانشگاه لرستان، خرم آباد

### چکیده

گرد و غبار اثرات مضر بر سلامت و اقتصاد جامعه و همچنین تغییر اقلیم دارند. شناخت ماهیت، منشاء و اثرات ریزگردها در تعیین روشهای کنترل آن نقش بسزایی دارد. عوامل ایجادکننده توفانهای گرد و خاک، تقسیم بندی آن، پارامترهای تشدیدکننده و منشاء ایجاد توفانهای گرد و خاک در مقیاس جهانی، خاورمیانه و ایران، اثرات توفانهای گرد و غباری بر محیط زیست، سلامتی، اقتصاد در این مقاله مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

این تحقیق مروری است بر تاثیر گرد و غبار با جستجوی کلمات کلیدی توفان گرد و خاک، اثرات زیست محیطی، اثرات سلامت، کنترل کیفی هوا و حوادث مرتبط با گرد و خاک در خاورمیانه از سال 2000 تا 2014 است و از 69 مقاله مرتبط استفاده شده است. طبق بررسی های بعمل آمده ذرات معلق تولیدکننده گرد و غبار تا ارتفاع 6 کیلومتر و بیشتر صعود و تا مسافت 20000 کیلومتر انتقال یافته و دید افقی را به 1000 متر و در بعضی موارد صفر کاهش می دهند. غبار جوی مانع از نفوذ نور خورشید و کاهش تولیدات کشاورزی گردیده و منجر به افزایش بیماریهایی از جمله مننژیت، تب دره، آسم، بیماریهای ویروسی، صدمه به سلولهای پوست و ریه می گردد. به ازای افزایش هر 10 میکروگرم در متر مکعب در غلظت ذرات معلق کوچکتر از 10 میکرون در طی وقوع پدیده گرد و غبار، بین 0/5 الی 1 درصد میزان مرگ و میر افزایش می یابد.

**کلمات کلیدی:** توفان گرد و خاک، ایران، اثرات زیست محیطی، سلامت، ریزگرد، کیفیت هوا، اهواز

### مقدمه

تحقیقات دانشمندان بر رسوبات کف اقیانوسها نشان می دهد که توفانهای گرد و غبار پیش از دوره کرتاسه زمین شناسی (70 میلیون سال) در کره زمین رخ می داده است. زمانی که سرعت باد در بیابانها از حد مشخصی (8 متر بر ثانیه) بیشتر گردد با توجه به زبری عناصر سطوح، رطوبت خاک، اندازه دانه، پوشش گیاهی، بافت خاک، باندهای انرژی (نشان دهنده چسبندگی ذرات خاک) و پستی و بلندی های زمین، ذرات ریز وارد جریان اتمسفری می شوند و تولید گرد و غبار می نمایند. بعلت فقدان پوشش گیاهی در مناطق مستعد گرد و غبار هوای بالای این مناطق شروع به گرم شدن کرده و به سمت بالا حرکت می کند، و زمانی که به بادهای با سرعت بالای تریوسفری برخورد نماید، در نتیجه یک جریان چرخشی متمایل به سمت پایین ایجاد و با برخورد این بادهای با شدت بالا با سطح زمین باعث ایجاد توفانهای گرد و غباری در مقیاس محلی و موقتی می گردد، عمدتاً میزان بارشها در این مناطق کمتر از 50 میلی متر در سال است، اما در صورت برخورد جبهه های کم فشار و جبهه پرفشار ایجاد بادهای قوی می نماید که منجر به ایجاد گرد و غبار در مقیاس جهانی می گردد.

### مکانیسم تشکیل گرد و غبار

گرد و غبار منتقل شده از طریق هوا از 2 منبع طبیعی و انسان ساز ایجاد می گردد. منبع طبیعی بیش از 89 درصد از انتشار را در مقیاس جهانی در بر می گیرد. ذرات جدا از یکدیگر در یک سطح بعلت وزن و نیروهای بین ذره ایی در کنار هم قرار گرفته اند. در سرعت پایین باد هیچگونه نشانه ایی از حرکت ذره وجود ندارد، اما زمانی که نیروی باد به حد

آستانه می رسد تعدادی از ذرات شروع به ارتعاش می کنند. با افزایش سرعت باد تعدادی از ذرات از سطح وارد جریان هوا می گردند، زمانی که این ذرات دوباره به سطح برخورد می کنند، ذرات بیشتری وارد جریان هوا می شوند. ورود ذرات به جریان باد به اندازه، شکل و دانسیته آنها بستگی دارد. بطور کلی روشهای انتقال ذرات شامل معلق شدن، جهش ناگهان، خزش می باشد. روش معلق شدن در برگیرنده ذرات گرد و غبار با قطر کمتر از 20 میکرون می باشد، که دارای اندازه کوچک و چگالی پایین (سبک) هستند. این ذرات ممکن تا ارتفاع 6 کیلومتر بالا رفته و تا مسافت 20000 کیلومتر انتقال یابند و در نتیجه باعث کاهش میدان دید می شوند کاهش میدان دید حاصل جذب و تفرق نور بوده که ناشی از مواد جامد و مایع منتقله توسط هوا می باشد. تفرق حاصل از ذرات را تفرق مای می نامند. میدان دید بشدت متاثر از ذرات با اندازه 0/1-1 میکرومتر است. ذرات با قطر بزرگتر از 70 میکرون به روش جهش ناگهانی و ذرات بزرگتر از 500 میکرون به روش خزش انتقال می یابند. این ذرات خیلی بزرگ هستند، بنابراین بصورت پرش ناگهانی از سطح جدا و بصورت غلطک مانند در امتداد باد حرکت می کنند. به علت ماهیت این روش ارتفاع حمل بندرت بیش از 30 سانتیمتر و مسافت انتقال بندرت بیشتر از چند متر می باشد. محققان معتقدند که دلیل جهش ناگهانی ذرات تولید کننده گرد و غبار، کسب بار الکتریکی منفی بوسیله اصطکاک توسط ذرات شن می باشد.

اگر سرعت حرکتی که در آن نیروهای گرانشی که ذره را به سمت سطح می کشند (سرعت حد wt) مساوی و یا کمتر از متوسط سرعتی هوایی باشد که ذره بعنوان جزئی از آن است پس ذره

از طریق جریانهای متلاطم اتمسفر (سرعت عمودی لاگرانژی به سمت بالا منتقل و سپس ذره معلق می‌گردد. در لایه سطحی اتمسفر که از لحاظ حرارتی خنثی است سرعت عمودی لاگرانژی بصورت  $ku^*$  بیان می‌گردد. که  $k$  ثابت وان کارامن است، برابر با  $1/4$  می باشد و  $u^*$  سرعت اصطکاکی می‌باشد. در صورتیکه  $1 < |wt|/ku^* < < 1$  انتقال ذرات از طریق مکانیسم معلق شدن اتفاق می‌افتد، اما در شرایطی که  $1 > |wt|/ku^* > > 1$  انتقال ذرات از طریق مکانیسم جهش ناگهانی و خزش اتفاق می‌افتد.

### تقسیم بندی گرد و غبار

سازمان هواشناسی جهانی (WMO) گرد و غبار را بر اساس تاثیر آن بر قابلیت رویت و شدت گرد و غبار به 4 دسته توفان گرد و خاک، گرد و خاک وزنده، گرد و خاک معلق و تنوره دیو تقسیم بندی می‌نماید. توفان گرد و خاک به میزان قابل توجهی گرد و خاک را توسط بادهای قوی به سمت بالا حمل می نمایند. این پدیده شدیدترین نوع گرد و غبار بوده و باعث غبار آلود شدن کامل هوا و کاهش دید افقی به کمتر از هزار متر می‌گردد. توفانهای گرد و خاک شدید قابلیت رویت را تا حد صفر نیز کاهش می دهند. گرد و خاک وزنده از لحاظ شدت در بین پدیده های گرد و غبار حد متوسط می باشد، این پدیده بوسیله بادهای با ارتفاع متوسط که مقداری گرد و غبار و شن را حمل می نمایند ایجاد می‌گردد. این پدیده دید افقی را به هزار تا ده هزار متر کاهش می دهد. گرد و غبار معلق پدیده ایی با حداقل شدت می باشد که در این پدیده گرد و غبار ریز در بخش

زیرین (پایین) تریوسفر معلق می‌گردد و دید افقی به کمتر از ده هزار متر محدود می‌گردد، البته در بعضی از منابع گرد و غبار معلق را به عنوان گرد و غبار مه در نظر گرفته اند.

تنوره دیو ستونهای چرخنده از گرد و غبار است که همراه با باد حرکت می کنند و متوسط ارتفاع آنها 30 متر، ولی در بعضی از موارد تا 300 متر نیز می باشد، ابعاد این ستون باریک می باشد. در بعضی از منابع از توفانهای گرد و خاک و توفانهای شن به اشتباه بجای هم بکار برده شده است. ارتفاع توفانهای شن کمتر است و عمدتاً از مواد شنی شکل تشکیل شده اند. اما توفانهای گرد و خاک دارای ارتفاع زیاد بوده و مسافتهای طولانی جابجا شده و مواد تشکیل دهنده آن عمدتاً سیلت و رس می باشد. متوسط ارتفاع توفانهای گرد و غباری بین 900 تا 1800 متر می باشد.

بر اساس دیدگاه گروهی از محققان توفان گرد و خاک در بیشتر مواقع نتیجه بادهای متلاطم مانند جریانهای می باشد که مقادیر زیادی از گرد و غبار را از سطح بیابان به فواصل دور منتقل و باعث کاهش میدان دید به کمتر از یک کیلومتر می گردند. در حالتهای شدید غلظت ذرات در گرد و غبار به بیش از 6000 میکروگرم در متر مکعب و بیشتر می‌رسد تقسیم بندی دیگر گرد و غبار بر اساس میدان دید، سرعت باد، و غلظت  $PM_{10}$  بر حسب میکروگرم در متر مکعب در ساعت می باشد که در جدول 1 آورده شده است.

جدول شماره (1) تقسیم بندی گرد و غبار بر اساس میدان دید، غلظت  $PM_{10}$  و سرعت باد (11)

غلظت $PM_{10}$ ( $\mu g/m^3 h$ )	سرعت باد (m/s)	میدان دید (m)	طبقه بندی
50-200	-	کمتر از 5000 متر	غبار
200-500	-	کمتر از 2000	گرد و غبار

500-2000	بالاتر از 17	کمتر از 1000	توفان گرد و خاک
2000-5000	بالاتر از 20	کمتر از 200	توفان شدید گرد و خاک
5000	بالاتر از 25	کمتر از 50	توفان بسیار شدید گرد و خاک

3/35-4/58 میلیون تن بار گرد و غبار در این پدیده انتقال داده شد.

### توفان‌های گرد و خاک همراه با توفان تندی

توفانهای گرد و خاک اغلب همراه با جریانهای قوی رو به پایین از هوای سرد شده که به آرامی از ابرهای کومولونیمبوس فرود می‌آیند. این جریانهای رو به پایین باعث ایجاد بادهایی با سرعت بیش از 50 متر بر ثانیه می‌گردند. که باعث صعود گرد و غبار می‌گردند. این پدیده در آفریقای شمالی بعنوان هابوب شناخته می‌شود. که یک دیواره متراکمی از گرد و غبار را ایجاد می‌کنند و هم عرض زمین حرکت می‌نماید. این نوع گرد و غبار در آفریقای شمالی (سودان)، شبه جزیره عربستان، جنوب غربی آمریکا و استرالیا رخ می‌دهد.

### گرد و غبار همراه با سامانه های کم فشار

در فصل بهار در نیمکره شمالی تفاوت دمایی بین دمای دریا و سطح بیابان قابل توجه است. این تفاوت در آفریقای شمالی منجر به تولید توده هوای کم فشار که به سمت شرق صحرا و جنوب مدیترانه حرکت می‌کند. عبور این جریان کم فشار همراه با بادهای خشک و گرم که منجر به تولید گرد و غبار شدید و گسترده می‌گردد.

مهمترین شرایط هواشناسی که باعث افزایش گرد و خاک در خاورمیانه می‌گردد، توده هوای کم فشاری است که از مدیترانه شروع می‌شود و به سمت شرق و در امتداد ترکیه و شمال عراق حرکت می‌کند. بادهای شمال گرد و غبار را از عراق، ایران و نواحی

### عوامل تاثیر گذار در تولید گرد و خاک

عوامل تاثیر گذار در ایجاد توفان های گرد و خاک بسیار متعدد هستند و از مهمترین آنها می توان به موارد زیر اشاره نمود.

### توفانهای گرد و خاک همراه با جبهه هوای سرد

عبور جریانهای کم فشار یکی از مهم ترین دلایل ایجاد توفانهای گرد و غباری بخصوص در خاورمیانه، آمریکا و استرالیا است. این سامانه های کم فشار گرادیان فشار شدیدی دارند که افزایش بادهای قوی همراه با افزایش رطوبت نسبی و افت دما همراه است. همانطور که جبهه سرد جایگزین هوای گرم می شود، باعث افزایش ناپایداری و افزایش حرکت عمودی هوا و این تلاطم باعث ایجاد توفان گرد و خاک می گردد. نشانه عبور جبهه سرد تغییر ناگهانی در جهت باد می باشد. گرد و غبار همراه با جبهه سرد می‌تواند به ارتفاعات بالای جو صعود نموده و تا مسافت‌های طولانی حرکت نماید. در سطوح پایین (کمتر از 2000 متر) جبهه سرد می‌تواند یک نوار گرد و خاک با طول چند صدها و عرض دهها کیلومتر تولید نماید که در سرعت‌های باد بین 20 تا 30 متر بر ثانیه ایجاد می‌گردد.

نمونه ای از گرد و غبار ایجاد شده توسط جبهه سرد در سال 2002 در استرالیا ایجاد که طول این توده گرد و خاک 2400 کیلومتر و عرض آن 400 کیلومتر و ارتفاع 1/5-2/5 کیلومتر بود و در بعضی از مناطق میدان دید را به کمتر از 500 متر کاهش داد. تخمین زده می‌شود که

مجاور بلند کرده و معمولا همراه با توده کم فشار دائمی در جنوب ایران که باعث ایجاد یک گرادیان کم فشار قوی با یک آنتی سیکلون نسبتا دائمی در شمال عربستان می گردد. تقارب و همگرایی این 2 سیستم فشاری باعث ایجاد بادهای شدید و متلاطم در مناطق تولید کننده گرد و غبار می گردد.

### انتقال دور برد توفانهای گرد و خاک

فواصل طی شده بوسیله ذرات گرد و غبار به فاکتورهای زیادی بستگی دارد. از جمله سرعت باد و تلاطم، خصوصیات دانه گرد و غبار و سرعت نهشت بستگی دارد. توفان گرد و غبار قادر به انتقال مواد به فواصل بسیار دور در بعضی از موارد هزاران کیلومتر می باشد. گرد و خاک از صحرا به سمت جنوب کارائیب، برمودا و آمریکا انتقال می یابد. در تگزاس آمریکا، پدیده گرد و غبار با محتوای ذرات ریز 3 تا 6 روز در سال رخ می دهد که بیشتر در ماههای ژوئن و آگوست و بین 1 تا 3 روز ماندگاری و 10 الی 14 روز طول می کشد تا از منبع به تگزاس برسد. گرد و غبار صحرا همچنین بسمت شمال (اروپا) بسمت شرق

(خاورمیانه) و حتی فواصل بسیار دور مانند چین انتقال می یابد. گرد و غبار از آسیای مرکزی و چین بطور مرتب به کشورهای کره، ژاپن، هنگ کنگ و شمال آمریکا انتقال می یابد. بیشترین مسافتی که ذرات گرد و غبار بیابان دور از منبع شان یافت شده اند، بیش از 20000 هزار کیلومتر بود. گرد و غبار چین پس از عبور از اقیانوس اطلس و آرام پس از 316 ساعت به کوههای آلپ اروپا رسیدند. نمونه هایی از انتقال گرد و غبار به فواصل طولانی در جدول (2) آورده شده است.

### تغییرات روزانه و زمانی گرد و غبار

مشاهدات گوناگون ثابت کرده است که توفانهای گرد و خاک در ساعتهای مشخصی از روز بیشتر اتفاق می افتد، نتایج مطالعات نشان می دهد که توفانهای گرد و خاک بیشتر در اواخر صبح و بعد از ظهر رخ می دهد که حداکثر سرعت باد در این ساعات اتفاق می افتد و علاوه بر این خاکها در این ساعات روز خشکتر هستند. در بیابان گبی در مغولستان بیشتر گرد و غبار در ساعات بعد از ظهر و نسبت کمی در ساعات شب اتفاق می افتد.

جدول شماره (2) انتقال گرد و غبار به فواصل طولانی

منبع ایجاد گرد و غبار	محل تشخیص	فاصله تقریبی (کیلومتر)
صحرا	باربادوس	6500
صحرا	میامی	8000
صحرا	چین	10000
آسیای مرکزی	آلاسکا	10000
چین	آمریکا و کانادا	16000
چین	آلپ	>20000
خاورمیانه	اتحادیه جماهیر شوروی	1500

در

حدود 3٪ است. اگرچه در بعضی از موارد دوام بیشتر از 3 روز نیز مشاهده شده است. در بیابان گبی در مغولستان متوسط دوام گرد و غبار 6-1/6 ساعت است. در کشور چین توفانهای گرد و غبار شدید بین 2 تا 4 ساعت دوام دارند، بطور کلی وانگ در سال 2005 پیشنهاد داده است که 50 درصد از توفانهای گرد و غباری در چین کمتر از 2 ساعت دوام دارند.

### گرد و غبار در جهان

مناطق اصلی تولید کننده گرد و غبار در جهان عبارتند از صحرا (صحرا)، آسیای مرکزی (مغولستان)، چین، خاورمیانه، جنوب غربی آسیا، استرالیا و آمریکای شمالی می باشند، مناطق اصلی توفانهای گرد و غباری در شکل (1) آورده شده است.

در زمانی که پدیده گرد و غبار در منبع ایجاد می شود، 30٪ در نزدیکی منبع رسوب، 20 درصد دوباره در مقیاس محلی منتشر می شود، و بیش از نیمی از آن به فواصل دور (20000 کیلومتر) منتقل می شود. سالانه بین 5-5/0 میلیارد تن ذرات که در اندازه منتقله از طریق هوا هستند توسط توفانهای گرد و غباری به نقاط دیگر جهان منتقل می شوند. بیش از 70٪ از توفانهای گرد و غباری به توفانهایی که از بیابانهای آفریقا نشات می گیرد نسبت داده می شود.

م

طالعات میدلتون در سال 1986 در خاورمیانه نشان می دهد که حداکثر توفانهای گرد و غباری در ساعات روز زمانی که پرتوهای شدید سطح زمین را گرم می کند، باعث تولید درجه بالای تلاطم و گرادیان فشار بسیار قوی در مقیاس محلی ایجاد می نماید، در کشور کویت بیش از 50 درصد گرد و غبارها در ساعت 12 الی 17 رخ می دهد. توفانهای گرد و غباری عمدتاً در فصول بهار و تابستان و با توالی کمتری در پاییز و زمستان رخ می دهد. همچنین بیشترین زمان وقوع این پدیده در روز، فاصله زمانی بعد از ظهرها تا غروب (با فراوانی 65٪) در مناطق مختلف دنیا بروز می یابند. قبل از ایجاد توفان گرد و غباری فشار هوا خیلی پایین و دمای هوا خیلی بالا و هوا آفتابی و سرعت باد پایین است، زمانی که توفان گرد و غباری اتفاق می افتد، باد قوی شروع به وزش و گرد و غبار و شن شروع به بالا رفتن، و فشار هوا بلافاصله افزایش و دمای هوا بطور ناگهانی کاهش می یابد (حدود 5 درجه سانتیگراد) و رطوبت نسبی نیز به میزان 10٪ افزایش می یابد.

### دوام گرد و غبار

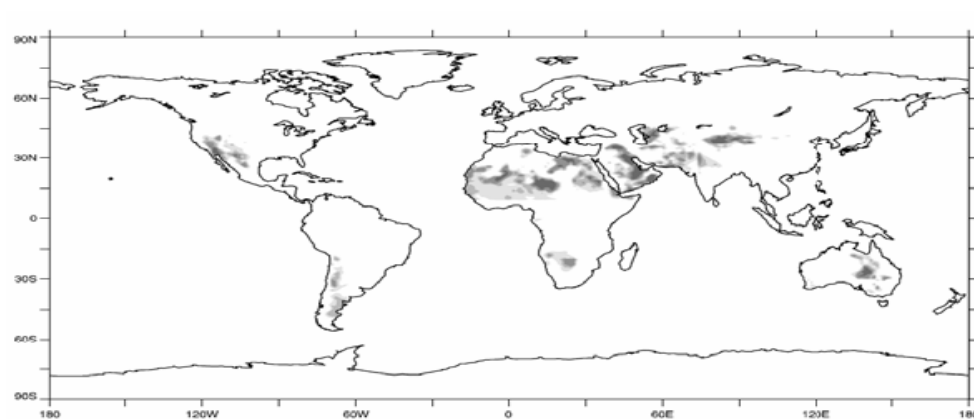
توفانهای گرد و غباری بطور کلی مدت زمان زیادی دوام ندارد، در کشور ترکمنستان فراوانی توفانهای گرد و غبار با دوام 12 ساعت و بیشتر فقط

**گرد و غبار در صحرا**

بیابان صحرا در آفریقا بزرگترین منبع تولید کننده گرد و غبار خاکی در جهان است که سالانه حداقل 700 میلیون تن گرد و غبار را وارد اتمسفر می‌کند. منابع اصلی گرد و غبار در صحرا شامل چاله بودله، مناطق غربی مالی، جنوب الجزایر و شرق موریتانی می‌باشند.

در بعضی موارد در زمان وقوع گرد و غبار آفریقایی تعداد ذرات از  $2/6 \times 10^6$  ذره در هر متر مکعب به  $26/1 \times 10^6$  ذره در هر متر مکعب رسیده است. که 99% از این ذرات در محدوده بین 1-0/3 میکرومتر است. جزء کوچکتر از 2/5 میکرومتر تا قسمتهای عمیق ریه

می تواند نفوذ کند. در مدت زمان فصل خشک از اکتبر تا آوریل صحرا در معرض بادهای شمال به شرق که در مقیاس محلی هارماتان نامیده می شود، قرار می گیرد. در اواخر فصل باران جو خیلی ناپایدار و فعالیت همرفت قوی هوا اتفاق می افتد، توفان تندی توسعه یافته همراه با ابرهای کومولونیمبوس جریان عمودی قوی به سمت پایین ایجاد می نماید، که تولید جریان سرد قوی رو به جلو و گرد و غباری که رو به سمت بالا می نماید. مهم ترین منبع گرد و غبار در این منطقه چاله بودله می باشد که در تمام طول سال فعال می باشد.



شکل شماره (1) مناطق اصلی تولید کننده گرد و غبار در جهان

**گرد و غبار در آسیای مرکزی**

در بخش های جنوبی اتحادیه جماهیر شوروی سابق، مناطقی وجود دارد که دارای چهل روز گرد و غباری در سال است، در بعضی از مناطق بیش از 80 روز گرد و غبار وجود دارد، ماههای می تا آگوست بیشترین فعالیت گرد و غبار و کشور قزاقستان بیشترین فراوانی گرد و غبار در منطقه را دارد. فعالیتهای انسان از طریق کشت بیش از اندازه و شخم زدن چراگاهها و زمین های دست نخورده در دهه 1950، به همراه خشک کردن بستر دریای آرال باعث افزایش تعداد

روزهای گرد و غباری در این منطقه گردیده است.

**گرد و غبار در چین**

در کشور چین زمانیکه سرعت باد 50 متر بر ثانیه و میدان دید کمتر از 200 متر شود، توفان شن شدیدنامیده می شود اما زمانیکه سرعت باد 25 متر بر ثانیه و میدان دید به کمتر از 50 متر برسد توفان شن بسیار شدید (در بعضی از مناطق بنام توفان سیاه) نامیده می شود.

در شمال شرق آسیا گرد و خاک و توفانهای شن به عنوان گرد و غبار آسیایی و در ژاپن به

محققان دلیل اصلی این پدیده گسترش کشت گندم در دشت های آمریکا بود. گرد و غبار هنوز مشکل جدی در بخش های مختلف ایالت متحده آمریکا می باشد. بطور مثال در توفان گرد و خاک که در سال 1977 در منطقه دره سن کوین کالیفرنیا رخ داد، توفان گرد و خاک باعث خسارات گسترده و فرسایش بیش از 2000 کیلومتر مربع از زمین ها گردید. بیش از 25 میلیون تن خاک از زمین های چراگاه در مدت زمان 24 ساعت حذف گردید، چرای بیش از اندازه و فقدان باد شکن در اطراف زمین های کشاورزی و سرعت باد بالا (بیش از 300 کیلومتر در ساعت) از عوامل ایجاد این فرسایش شدید بودند.

#### گرد و غبار در خاورمیانه

گرد و غبار پدیده ایی مهم در مناطق خشک و نیمه خشک خاورمیانه می باشد. در واقع در سال 1976 عربستان سعودی توسط ایدسو به عنوان یکی از 5 منطقه تولید کننده گرد و غبار شدید در جهان شناخته شد. بر اساس آنالیزهای میدلتون در سال 1986، جنوب عراق و کویت بیشترین تعداد روز گرد و غباری را دارند. در کویت و عراق بیشترین فعالیت گرد و غبار در ماههای آوریل تا آگوست اتفاق می افتد. پیاسا در سال 1998 پیشنهاد می نماید که شن های منطقه واهیبا کشور عمان یکی از مناطق تولید کننده گرد و غبار منطقه می باشد. توفانهای گرد و خاک در پایتخت عربستان یک پدیده معمول هستند که بطور متوسط 41 روز در سال در شهر ریاض میدان دید به کمتر از 1600 متر کاهش می یابد. شدیدترین گرد و غبار ها در ماههای آوریل، می، ژوئن و جولای در منطقه عربستان سعودی و عمان رخ می دهد. تشدید گرد و غبار در بخش های جنوبی در ماههای تابستان می تواند وابسته به

عنوان توفان زرد شناخته می شوند. در شمال غرب کشور چین ایستگاههایی وجود دارد که با وجود خطوط هم بارش 750 میلی متر سالیانه، 30 روز و بیشتر روزهای گرد و غباری وجود دارد. مطالعات نشان می دهد که 2 منبع اصلی گرد و غبار در کشور چین 1- تاکلماکان و 2- باداین جاران می باشند.

#### گرد و غبار در استرالیا

استرالیا بزرگترین منبع تولید کننده گرد و غبار در نیمکره جنوبی می باشد. در 23 اکتبر 2002، استرالیا بزرگترین توفان گرد و خاک را گزارش داد که سرتاسر بخش های شرقی کشور را پس از 12 ماه خشکسالی شدید که همراه با افزایش متوسط دما و کاهش شدید رطوبت خاک و پوشش گیاهی همراه بود را در برگرفت. گرد و غبار عمدتاً در فصل بهار و تابستان اتفاق می افتد. رسوبات دریاچه ایره یکی از مناطق تولید کننده گرد و غبار در استرالیا می باشد.

#### گرد و غبار در آمریکای شمالی

بررسی اطلاعات هواشناسی نشان می دهد که بیشترین فراوانی گرد و غبار مربوط به ایالت های تگزاس، نبراسکا، جنوب کانزاس، شرق کلرادو، دره رودخانه قرمز در داکوتای شمالی و شمال مانتانا می باشد. ترکیب مواد قابل فرسایش با اقلیم نسبتاً خشک و سرعت بالای باد از عوامل ایجاد گرد و غبار در مناطق فوق می باشد. بیشترین فعالیت گرد و غبار در این مناطق در ماههای فصل بهار رخ می دهد. سالهای گرم و خشک و دمای غیر عادی سطح دریا، باعث از بین رفتن پوشش گیاهی و تبدیل به زمین هایی که به اندازه کافی مستعد فرسایش بادی بودند، گردید. اثرات این خشکسالی با چرای بیش از اندازه دام ها و عدم تکنیک های صحیح کشاورزی تشدید گردید. به نظر



فاکتورهای متنوعی از جمله ورود گرد و غبار از صحرا باشد، تشدید گرد و غبار در این ماهها همزمان با افزایش فعالیت گرد و غبار در بخشهای شمالی صحرای آفریقا می باشد.

### گرد و غبار در عراق

این کشور بعنوان یکی از مناطق اصلی تولید کننده گرد و غبار در خاورمیانه شناخته شده که عوارض گرد و غبار این کشور به میزان زیادی کشورهای منطقه خصوصا ایران را تحت تاثیر قرار داده است.

مناطق بیابانی در غرب و جنوب این کشور بیش از 40 درصد از مساحت آن را شامل می شود. مناطق مرکزی و جنوبی عراق از دشتهای آبرفتی و وادی های بیابانی تشکیل شده است. زمینهای باتلاقی موجود بین دجله و فرات که بدلائل طبیعی و انسان ساز در حال خشک شدن هستند، بعنوان یکی از مناطق بالقوه ایجاد کننده گرد و غبار می باشند. تقریباً 30 درصد از مساحت عراق از دشتهای آبرفتی که از ترکیب دلتاهای بین رودخانه های دجله و فرات تشکیل شده است، که از شمال بغداد شروع و بسمت جنوب و مرزهای ایران گسترش می یابد، که این مناطق بمیزان زیادی بوسیله سد سازی و انحراف آب فرات و دجله در کشورهای ترکیه و سوریه و عملیات زهکشی عمدی در مقیاس بزرگ در عراق تحت تاثیر قرار گرفته است.

تا سال 1997، 32 سد بزرگ بر روی رودخانه های دجله و فرات احداث گردید، بیش از 8 سد در حال احداث و حداقل بیش از 13 سد در مرحله طراحی بودند. کل ظرفیت ذخیره سدهای احداث شده بر روی رودخانه فرات در ترکیه بیش از 91 میلیارد متر مکعب است، با توجه به سدهای در حال احداث به میزان 94 / 78 میلیارد متر مکعب افزایش می یابد،

ظرفیت ذخیره سازی سدهای سوریه و عراق با یکدیگر 22/88 میلیارد متر مکعب است. بر روی هم ظرفیت خالص ذخیره سازی تمام پروژه های آبی موجود بر روی رودخانه فرات 143/19 میلیارد متر مکعب است، که بیش از 5 برابر متوسط جریان سالانه این رودخانه است. کشور عراق بزرگترین مخزن انحرافی بنام تارتار را به ظرفیت 73 میلیارد متر مکعب را بر رودخانه دجله احداث نمود، سدهای طراحی شده ترکیه به تنهایی قادر به نگهداری حجم معادل با 137٪ متوسط سالیانه فرات و 92 درصد از کل جریان رودخانه دجله می باشند. هیدروگراف دوره 1973-1938 قبل شروع احداث شدید سدها نشان می دهد که حداکثر دبی آب، 2594 متر مکعب در ثانیه (اردیبهشت) می باشد، حداکثر دبی در دوره 1974-1998 در اردیبهشت به 831 متر مکعب در ثانیه کاهش می یابد، در حالیکه حداکثر دبی با گذر زمان از فصل بهار به فصل زمستان کاهش می یابد، بعضی از متخصصان پیش بینی کرده اند که این تغییرات به تنهایی منجر به کاهش قابل توجه در مساحت زمین های باتلاقی و احتمالاً نابودی آنها می گردد. مرگ این باتلاق ها از طریق زهکشی عمدی رژیم عراق تسریع گردید. از طرفی خسارات وارده به تاسیسات زیر بنایی عراق در جنگ خلیج در سال 1991 و نگهداری ضعیف این زمین ها بوسیله مسولان باعث تشدید از بین رفتن زمین های کشاورزی گردید. مطالعات نشان می دهد که بیش از 4 درصد از مناطق آبیاری شده عراق بشدت شور، 50 درصد نسبتاً شور و 20 درصد تا حدی شور می باشند. و این امر باعث از بین رفتن کشاورزی این کشور و لم یزرع شدن زمین ها و تبدیل این زمین ها به بیابان گردیده است. ساحت وتلندهای بین دجله و

روزه سیستان اشاره شده است، در بسیاری از منابع علمی جنوب شرق ایران بعنوان یکی از مناطق اصلی گرد و غبار در جهان شناخته شده است. میدلتون در سال 1986 تعداد روزهای گرد و غباری در زابل، آبادان، دزفول، بندرعباس و یزد را به ترتیب 81، 43، 40، 23، 24 روز در سال گزارش نموده است. آمارهای سازمان هواشناسی کشور نشان می دهد که میانگین روزهای غبار آلود در طی 50 ساله گذشته در شهرهای اهواز، آبادان، بوشهر و کرمانشاه به طور میانگین به ترتیب 68، 76، 75 و 27 روز در طول سال بوده است.

در زمان پدیده گرد و خاک مراجعه بیماران ریوی به مراکز درمانی اهواز با رشد 70 درصدی روبرو بوده است. علاوه بر این میزان خسارت گرد و غبار بر محصولات جالیزی، ذرت و گندم بین 15 تا 20 درصد پیش بینی گردیده است. در زمان بروز این پدیده دید افقی در بعضی از مناطق اهواز به کمتر از 10 متر می رسد. به گونه ای که در طی 3 سال گذشته در چندین نوبت، غلظت کل ذرات معلق تا 9360 میکروگرم در متر مکعب افزایش یافته است. حداکثر دوام این پدیده در خوزستان، 144 ساعت بوده است.

### اثرات گرد و غبار بر محیط زیست

گرد و غبار می تواند منجر به تغییرات اقلیم در مقیاس جهانی و محلی، تغییر در چرخه بیولوژیکی، زمین شناسی، شیمیایی و یا محیط زیست انسان گردد. آئروسول های معدنی حاصل از گرد و غبار می تواند بر تشکیل ابر، خصوصیات ابر و میزان نزولات جوی اثر گذارد. غبار جوی مانع از نفوذ نور خورشید شده و می تواند منجر به کاهش تولیدات کشاورزی به میزان 30-5 درصد گردد.

ذرات گرد و غبار در اتمسفر تاثیر مستقیم و غیر مستقیم بر

فرات 20 هزار کیلومتر مربع می باشد، زهکشی های زیاد و عمدی در اواخر دهه 1980 و اوائل دهه 1990 همراه با سدهای بالا دست بزرگ باعث کاهش 90 درصد از مساحت این وتلنها گردیده است. در فصل زمستان (ژانویه تا مارس) جبهه قطبی به سمت جنوب عراق گسترش می یابد و می تواند با جنب حاره ایی نزدیک عراق ترکیب شود. گرد و غباری که احتمالاً در این فصل در اهواز رخ می دهد، همراه با بادهای است که به سمت جنوب شرقی عراق و در امتداد سیستم های کم فشار سینوپتیک می وزند.

در فصل بهار (آوریل الی ژوئن) شرایط جوی عراق از شرایط زمستانی به سمت شرایط گرم تابستان در حال گذر است، سیستم های کم فشار در اواخر بهار در عراق ایجاد می گردند. در فصل تابستان (جولای الی سپتامبر) این کشور تحت تاثیر ناوه (فرود) کم فشار گرمی است که از سمت پاکستان به سمت شمال غرب گسترش یافته و همراه با بادهای موسمی آسیایی می باشد. ترکیب فرازهای کم ارتفاع ناشی از دریایی مدیترانه با کم فشار پاکستان منجر به ایجاد بادهای قوی که به سمت شمال غربی می وزند می گردد که معروف به بادهای شمال می باشد، سرعت این بادهای به 40 الی 50 نات می رسد. دوام این بادهای ممکن از چند ساعت تا چند روز و شدیدترین آنها در بعد از ظهر رخ می دهد.

### گرد و غبار در ایران

کشور ایران که در یک منطقه با آب و هوای خشک قرار گرفته و بیش از 30 درصد از مساحت این کشور را مناطق خشک و نیمه خشک در بر می گیرد. این کشور از سالیان گذشته با پدیده توفانهای گرد و غبار روبرو بوده است. در بسیار از منابع علمی به روزهای گرد و غباری در ایران و بخصوص وقوع بادهای 120

روی تغییر اقلیم نشان می دهد. تاثیر غیر مستقیم شامل اثر گرد و غبار بر روی چرخه زیست زمین شیمیایی می باشد. همچنین بر روی سطح دی اکسید کربن اتمسفر تاثیر غیر مستقیم دارد. البته باید به این نکته توجه داشت که ارتباط بین گرد و غبار و اقلیم یک ارتباط دو سویه می باشد.

توفان های گرد و خاک قادرند که به صورت غیر مستقیم و از طریق تحریک پلانکتون های موجود در سواحل افزایش برخی نوترینت ها (به ویژه آهن) را موجب شوند این امر در نهایت پدیده شکوفایی جلبک و به وجود آمدن موج های قرمز رنگ در سواحل را تسهیل می نماید، همچنین آئروسول های معدنی از طریق کاهش میزان فتولیز (تجزیه شیمیایی بر اثر نیروی تابشی) باعث تغییر اقلیم زمین می گردند.

ذرات گرد و غبار باعث انعکاس نور خورشید به سمت فضا و در نتیجه خنک شدن هوا می گردند که این پدیده به دو شکل مستقیم و غیر مستقیم انجام می گیرد. ذرات گرد و غبار مستقیماً و همچنین از طریق تشکیل ابر به صورت غیر مستقیم باعث انعکاس پرتوهای خورشیدی می گردند. در زمان ایجاد توفان های گرد و غباری، مواد مغذی و مواد آلی خاک از بین رفته که باعث پایین آمدن بهره وری کشاورزی می گردد. همچنین گرد و غبار باعث آلودگی آب آشامیدنی و بیماری های گوارشی از این طریق می گردد. تحقیقی که در کشور ژاپن انجام شد نشان داد که گرد و غبار آسیایی باعث افزایش سزیوم 137 در هوای آن شده است. منشاء سزیوم موجود در گرد و غبار آسیایی بیابان های کشور چین و مغولستان می باشد.

گرد و غبار نقش بسیار مهمی در انتقال و نشست رسوبات در اقیانوسها دارد. تحقیقات نشان می دهد که بیش از 50 درصد از رسوبات دریای مدیترانه در

فواصل دور از ساحل به علت گرد و غبار می باشد. نقش گرد و غبار در رسوبات اقیانوس اطلس شرقی بعلاوه توفانهای گرد و غبار صحرا نیز بسیار حائز اهمیت می باشد. اهمیت آن در رسوبات قطب شمال نیز مورد توجه قرار گرفته است.

### گرد و خاک و ازن و ردسپهری

ذرات گرد و غبار جو از طریق نقش شان در تولید ازن فتوشیمیایی جو را تحت تاثیر قرار می دهند، به نظر می رسد که مواد معدنی گرد و غبار از طریق کاهش میزان فتولیز باعث کاهش تولید ازن تروپوسفری بمیزان 50 درصد از طریق فراهم نمودن محل های واکنش برای ملکولهای ازن و نیتروژن گردند. زمانی که گرد و غبار از طریق اتمسفر انتقال می یابد، گرد و غبار بمیزان زیادی حاوی نیتروژن و سولفات می باشد که با گذشت زمان افزایش می یابد، آئروسول های معدنی ممکن یک سطح واکنش که قادر به فراهم نمودن، فرایندهای غیر همسان گازهای کمیاب را بوجود آورد.

### رابطه گرد و غبار و اکوسیستم های دریایی

حرکت گرد و غبار بیابان در جو موجب می شود عناصر مختلف به اقیانوسها رسیده و باعث تغییر در خواص نوری و زیست زمین شیمیایی می گردد. گرد و غبار غنی از آهن که از بیابانهای گبی منشاء می گیرد، دلیل افزایش قابل توجه در رشد فیتوپلانکتونهای دریایی در اقیانوس آرام شمالی می گردد. گیوه و همکاران در سال 2002 پیشنهاد کردند که وقوع گرد و غبار صحرا 30 تا 40 درصد از جریان فوسفور را در مدیترانه شرقی تامین می نماید. بیشتر جریان آلومینیم در دریای عرب از ته نشینی گرد و غبار تامین

تاثیر قرار داد، 85 نفر کشته و 31 نفر ناپدید و 264 نفر زخمی شدند (اکثر کشته شدگان کودکان بودند). 120 هزار راس حیوان کشته و ناپدید شدند. همچنین 373 هزار هکتار زمین کشاورزی و 16300 هکتار باغات میوه و صدها گلخانه و پوشش پلاستیکی محصولات از بین رفتند. همچنین تاسیسات زیر بنایی، بزرگراهها و ریل های راه آهن و تاسیسات انتقال برق (10 میلیون دلار) دچار آسیب جدی شدند، همچنین 37 پرواز لغو و به مدت 4 روز راه آهن تعطیل گردید.

### خسارات غیر مستقیم

همچنین میزان خسارتی ناشی از شرایط نامناسب بهداشتی، تعطیلی مدارس، فرودگاه ها و ادارات در اهواز و ... بیش از 4 هزار میلیارد تومان در سال برآورد گردیده است. مناطق روستایی نسبت به مناطق شهری بیشتر در معرض خطر ناشی از گرد و غبار قرار می گیرند. فرسایش خاک و تحمیل کردن خسارت به محصولات دامی و کشاورزی می تواند باعث از بین رفتن اقتصاد مناطق روستایی شود.

کاهش میدان دید بوسیله توفانهای گرد و خاک اثرات خطرناک بر صنعت هوایی، ریلی و جاده ایی دارد، و حتی در بعضی از موارد منجر به سقوط هواپیماهای مسافربری شده است. گرد و غبار در سال 1387 در اهواز منجر به کنسل شدن بیش از 237 پرواز گردیده است. در استرالیا هزینه آسم ناشی از گرد و غبار بین 10 تا 50 میلیون دلار در سال برآورد می شود. و سهم تمیز کردن منازل در این کشور پس از توفان های گرد و خاک توسط ساکنین بیش از 3 میلیون دلار خواهد بود. گرد و غبار و توفان های شن باعث تحمیل ضرر 6 میلیارد دلاری به اقتصاد چین در سال 2003 گردید.

می گردد. مطالعات سوبا روا و همکاران در سال 1999 نشان می دهد که گرد و غبار عربستان سعودی میکرو نوترینت های ضروری برای رشد فیتوپلانکتونها در خلیج فارس را فراهم می کند. شکوفایی جلبک (موجهای قرمز) در دریای عرب و خلیج فارس ممکن است نتیجه ایی از پخش نوترینت ها بوسیله گرد و غبار باشد. دی متیل سولفید رها شده از فیتوپلانکتون ها باعث ایجاد هسته های متراکم ابر در تریوسفر محیط های دریایی، و در نتیجه آن افزایش انعکاس ابر و خنک شدن هوا می گردد.

هم زمان با پدیده گرد و غبار غلظت برخی از فلزات سنگین از جمله سرب تا 3 برابر افزایش می یابد. همچنین غلظت فلزات سمی جیوه و آرسنیک نیز به میزان زیادی افزایش خواهد یافت. آنالیز ذرات گرد و غبار نشان می دهد که غلظت عناصری همچون آلومینیم، آهن، پتاسیم، منیزیم، گوگرد، فسفر و سدیم بیش از 500 میکرو گرم در متر مکعب است و غلظت عناصر منگنز، باریم و وانادیوم بین 100-500 میکرو گرم در متر مکعب قرار دارد همچنین غلظت فلزات سنگین روی، نیکل، سرب، کروم، کبالت 1-100 میکرو گرم در متر مکعب می باشد.

### اثرات گرد و غبار بر اقتصاد خسارات مستقیم

توفان های گرد و خاک منجر به تعطیلی مدارس، لغو پرواز هواپیماها، اختلال در عملکرد نیروگاه های برق، کاهش منابع آب (از بین رفتن منابع آب)، اختلال در سیگنال های تلویزیونی، افزایش تعداد مراجعات به کلینیک ها به دلیل مشکلات تنفسی و غیره می گردد. خسارات مستقیم توفان شن در سال 1993 در چین، 70 میلیون دلار برآورد شده است که در طی این پدیده 12 میلیون نفر را تحت

کاهش میدان دید بوسیله توفانهای گرد و خاک اثرات خطرناک بر صنعت هوایی، ریلی و جاده ایی دارد، و حتی در بعضی از موارد منجر به سقوط هواپیماهای مسافربری شده است. خسارات وارده به صنایع الکترونیک کشور کره جنوبی ناشی از گرد و غبار آسیایی چندین میلیون دلار برآورد گردیده است. خسارات مالی توفان گرد و خاک

شدید که در تاریخ 5-10 ژانویه سال 1999 در جزایر قناری اتفاق افتاد بیش از 175 میلیون یورو صدمه به جاده ها، بندرگاه ها و محصولات برآورد گردیده است. در مطالعه ایی که شهر زابل در کشور ایران انجام گرفت هزینه بیماریهای تنفسی از سال 1999 تا 2004 بیش از 70 میلیون دلار تخمین زده شده است.

جدول شماره (3) آثار و تبعات گرد و غبار در استان خوزستان (سال 88-80)

سال	حداکثر دوام گرد و غبار (ساعت)	تعداد لغو پرواز	تعطیلی مدارس (روز)	تعطیلی ادارات (روز)
80	48	4	1	-
81	48	4	1	-
82	40	3	2	-
83	36	3	1	-
84	48	5	3	1
85	48	3	1	-
86	72	47	5	1
87	84	232	6	1
88	144	172	4	1

بطور کلی مهمترین زیانهایی که پدیده گرد و غبار در استان خوزستان داشته عبارتند از:  
1- افزایش بیماریهای قلبی - عروقی و تنفسی در بین مردم خوزستان بویژه سالمندان و کودکان

2- افزایش نارضایتی های عمومی در بین مردم

3- آسیب های وارده به بخش حمل و نقل استان بویژه لغو شمار زیادی از پروازهای استان (جدول 3)

4- کاهش تعداد توریست در منطقه بدلیل وقوع مکرر پدیده گرد و غبار بویژه در فصل بهار و تابستان

5- هزینه های وارده بر متولیان بهداشت و درمان خوزستان بدلیل افزایش میزان بیماریها

6- اثرات اقتصادی بر صنایع در اثر تعطیلی اجباری ناشی از بروز پدیده گرد و غبار  
7- پدیده افت تحصیلی دانش آموزان به واسطه تعطیلی مدارس (جدول 3).

همچنین این سازمان برآورد نموده است که هزینه سالیانه صرف شده برای بخش سلامتی و بهداشت ناشی از آلودگی هوا در اتریش، فرانسه و سوئیس حدود 30 میلیارد پوند بوده و معادل 6 درصد از کل مرگ و میرهاست. تنها در ایالات متحده آمریکا، هزینه بهداشتی سالیانه غلظت بالای ذرات، 23 میلیارد پوند برآورد شده است.

### اثرات گرد و غبار بر سلامتی

استفاده بیش از 2/5 گرم کلسیم منجر به سنگ کلیه و تصلب مجاری کلیه و رگهای خون می‌گردد. آهن ممکن است منجر به ورم ملتحمه و آماس شبکیه چشم گردد. همچنین تنفس طولانی مدت آهن باعث سیدروزیس می‌گردد، و تنفس طولانی مدت ذرات گرد و غبار حاوی منیزیم منجر به افسردگی و گیجی و ضعیف شدن بدن می‌گردد. تنفس کوتاه مدت ذرات حاوی آلومینیم منجر به سرفه و تحریک شش‌ها می‌گردد. و تنفس طولانی مدت آن باعث صدمه به شش‌ها می‌گردد. در تحقیقی که توسط سازمان جهانی بهداشت در برلین، کپنهاگ و رم صورت گرفته است که خطرات ذرات کوچکتر و مساوی 10 میکرون خطر مرگ تنفسی در کودکان زیر یک سال را افزایش داده، بر عملکرد شش‌ها اثر گذاشته و آسم را تشدید نموده و باعث بروز علائم تنفسی دیگر مثل سرفه و برونشیت در کودکان می‌شود.

در سال 2006، گروگوری ولینیوس و همکاران طی یک بررسی ارتباط بین آلودگی هوای ناشی از ذرات و پذیرش بیماران دچار سکت قلبی را در 7 شهر ایالات متحده بیان کردند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که سطوح افزایش یافته آلودگی هوا (پایین‌تر از حدود تعیین شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا) باعث افزایش میزان پذیرش بیماران دچار سکت قلبی در بیمارستان‌ها می‌شود. در این تحقیق نشان داده شد که اگر غلظت ذرات کوچکتر و مساوی 10 میکرون، به میزان 10 میکروگرم در متر مکعب افزایش یابد. پذیرش بیماران در همان روز 10% افزایش خواهد یافت.

سازمان جهانی بهداشت در سال 2002 اعلام نمود که فعالیت توفانهای گرد و غبار در مناطق پایین دست صحرا باعث بیماری باکتریایی مننژیت می‌گردد. در دهه 1990 توفانهای گرد و غبار

معمولاً اندازه ذرات منتقل شده در محدوده 500-0/001 میکرومتر هستند که بخش عمده ی آن را مواد ذره ای در رنج 10-0/1 میکرومتر تشکیل می‌دهند. تقریباً 40% ذراتی که دارای اندازه بین 1-2 میکرون هستند در برونش‌ها و کیسه‌های هوایی باقی می‌مانند. ذراتی که اندازه ای آنها بین 0/25 تا 1 میکرون باشد، در سیستم تنفسی کمتر باقی می‌مانند. ذراتی که اندازه آنها کمتر از 0/25 میکرون است به دلیل حرکت براونی در دستگاه تنفسی بیشتر باقی می‌مانند. از طرفی هر فردی با متوسط 10 ساعت فعالیت و 17 بار تنفس در هر دقیقه و متوسط 0/0368 گرم گرد و غبار در هر فوت مکعب هوای تنفسی بطور متوسط در زمان پدیده گرد و غبار (10 ساعت) 6/6240 گرم گرد و غبار را وارد ریه‌های خود می‌نماید.

### تاثیر گرد و غبار بر بیماریها

غلظت بالای ذرات در توفانهای گرد و خاک باعث سینوزیت، برونشیت، آسم و آلرژی و صدمه به عملکرد دفاعی ماکروفاژها که منجر به افزایش عفونتهای بیمارستانی می‌گردد. تنفس غلظت بالای کلسیت (کربنات کلسیم) موجود در ذرات گرد و غبار منجر به عطسه، سرفه گردد. در معرض قرار گرفتن طولانی مدت کلسیت و ورود آن به بدن از طریق بلعیدن باعث آلکلوزیس می‌گردد، یکی دیگر از اجزاء ذرات گرد و غبار کوارتز (دی اکسید سیلیس) می‌باشد که تنفس این ترکیب در ذرات گرد و غبار به مدت طولانی باعث بیماری سیلیکوزیس می‌گردد، همچنین تنفس آن باعث صدمه به کلیه و کبد نیز می‌گردد (52). از جمله ترکیبات دیگر موجود در ذرات گرد و غبار کلسیم، آهن، آلومینیم، منیزیوم و غیره می‌باشند. در صورت

باعث اپیدمی بیماری تب دره که عامل آن قارچ کوکسیدویس ایمیتیس در ایلات متحده امریکا گردید.

در سال 2005، آنیته پیتر وجود ارتباط بین بیماریهای قلبی و ذرات معلق هوا را با استناد به مدارک اپیدمیولوژیکی بیان نمود. بر اساس نتایج این تحقیق ارتباط تنگاتنگی بین تغییرات روزانه غلظت های ذرات معلق هوای آزاد و مرگ و میر ناشی از بیماریهای قلبی-عروقی، پذیرش بیمارستانی، تشدید علائم بیماران دچار بیماریهای قلبی-عروقی و واکنش های زودرس فیزیولوژیکی وجود دارد.

گروهی از محققان با مطالعه بر روی دانش آموزان 850 مدرسه در امارات متحده عربی به این نتیجه دست یافتند که در بین دانش آموزان میزان شیوع آسم 13/6% و میزان شیوع آلرژی 73% بود. و ارتباط قابل توجهی بین در معرض گرد و غبار قرار گرفتن و شیوع این بیماریها وجود داشت. در مطالعه ای که در جزایر کارائیب بر روی شیوع آسم در سالهای 1973 الی 1996 همزمان با افزایش توفانهای گرد و غباری انجام گرفت، نتایج نشان داد که در طی این دوره زمانی بیماری آسم به میزان 17% افزایش یافته است. در مطالعه

ای که در سال 2011 در کشور جمهوری کره بر روی تاثیر گرد و غبار آسیایی بر روی سلولهای پوست انجام گرفت، که نتایج نشان می دهد گرد و غبار آسیایی با صدمه به سلولهای پوست و تغییر در ژنهای این سلولها می گردد. محققان چینی در سال 2007، تاثیر نمونه های جمع آوری شده از ذرات کوچکتر از 2/5 میکرون (PM<sub>2.5</sub>) ناشی از گرد و غبار آسیایی را بر DNA سلولهای ماکروفاژ و ریه موش آزمایش کردند و نتایج این تحقیق نشان داد که عصاره این

ذرات باعث تخریب DNA این سلولها می گردد.

در مطالعه ای که در جزایر ویرجینیا در سال 2001 بر روی میکروارگانیسیمهای گرد و غبار انجام گرفت نتایج نشان می دهد که از میکروارگانیسیمهای جدا شده 25% برای گیاهان بیماریزا و 10% برای انسان جزء بیماریزاهایی فرصت طلب بودند. اما در مطالعه ای دیگری که در کشور مالی در سال 2004 بر روی شناسایی میکروارگانیسیمهای در نمونه های جمع آوری شده در زمان وقوع پدیده گرد و غبار انجام گرفت نشان می دهد که 10% از باکتریهای تعیین شده جهت حیوانات بیماریزا، 5% جهت گیاهان بیماریزا و 27% جهت باکتریهای بیماریزای فرصت طلب برای انسان می باشند، تفاوت جمعیت میکروبی و باکتریهای شناسایی شده در این مطالعات به علت منبع متفاوت گرد و غبار در این مناطق می باشد. باکتریهای جدا شده در کشور مالی شامل گونه های زیادی از باسیلوس که بعضی از این گونه ها باعث بیماریهای گوارشی و بعضی باعث سپتی سمی (عفونت خون) می گردند، بودند.

## تاثیر گرد و غبار بر مرگ و میر

تحقیقات علمی انجام گرفته طی دو دهه ی اخیر، نشان داده است که ذرات از آلاینده های اصلی از دیدگاه مخاطرات بهداشت عمومی و سلامتی می باشد. سازمان جهانی بهداشت برآورد نموده است که سالیانه 500000 نفر بر اثر مواجهه با ذرات معلق هوا برد موجود در هوای آزاد دچار مرگ زودرس می شوند. همچنین ثابت شد که ذرات کوچکتر و مساوی 2/5 میکرون به صورت جدی بر سلامتی تاثیر گذاشته، و مرگ ناشی از بیماریهای تنفسی، قلبی و عروقی و سرطان ریه را افزایش می دهد و در مواجهه های

اغلب قارچها می توانند از طریق ایجاد فرم اسپور دار نسبت به خشکی، گرما، تابش ماوراء بنفش و شرایط ضعیف مواد مغذی مقاومت کنند. باید توجه داشت که بعلاوه تفاوت در محیط کشت های بکار رفته و عدم وجود روش استاندارد، میزان شمارش باکتریها و گونه های تعیین شده متفاوت هستند.

هر گرم از خاک بیابانی حاوی  $10^7$  باکتری با تنوع  $10^4$  نوع باکتری گوناگون است. هر گرم از خاک بیابانی حاوی  $10^6$  قارچ است. بیشترین تعداد اسپور قارچها که در توفانهای گرد و غباری اندازه گیری شده است  $10^6$  اسپور در نواحی گرمسیری در هر متر مکعب بوده است. که از 44 جنس و  $10^2$  گونه می باشند که گونه غالب اسپرژیلوس می باشد. البته تحقیقات گروهی از محققان بیانگر این است که در هر گرم خاک  $10^4$  باکتری وجود دارد و یک میلیون تن از خاک منتقله از طریق هوا سالانه به اطراف اتمسفر حرکت می کند که در نتیجه آن  $10^{16}$  باکتری منتقله از طریق گرد و غبار در هوا وجود دارد (البته این تخمین شامل جمعیت قارچها و ویروسها نمی شود).

مطالعات کلاگ و همکاران در سال 2004 نشان می دهد که تعداد کلنی باکتریها در شرایط گرد و غبار در مالی  $(CFU/m^3)$  720-15700 این در حالی است که غلظت زمینه تعداد کلنی باکتری  $(CFU/m^3)$  200-1100 می باشد. مطالعات هو و همکاران در سال 2004 در تایوان نشان می دهد که تعداد کلنی قارچ در پدیده گرد و غبار که منشاء آن صحرای گبی چین می باشد  $(CFU/m^3)$  6078 می باشد. مطالعات واو و همکاران در سال در سال 2005 در تایوان نشان می دهد که تعداد کلنی قارچ در پدیده گرد و غبار که منشاء آن صحرای گبی

طولانی مدت باعث افزایش 6 درصدی مرگ و میر به ازای افزایش هر 10 میکروگرم در متر مکعب در غلظت آن می شود. به ازای همین میزان افزایش، بیماریهای قلبی- عروقی به میزان 12% و سرطان ریه نیز به میزان 14% افزایش می یابد. همچنین مطالعات انجام شده نشان می دهد که توفانهای گرد و خاک باعث افزایش 1/7% مرگ و میر می گردند. یک مطالعه اپیدمیولوژیکی که ارتباط بین مرگ و میر و ابتلا روزانه و غلظت ذرات کوچکتر و مساوی 10 میکرون را بررسی کرده است. نشان می دهد که 10 میکروگرم در متر مکعب تغییر در غلظت ذرات ذرات کوچکتر و مساوی 10 میکرون همراه با 0/5% افزایش کل مرگ و میر است. البته نتایج تحقیقات دیگران نشان می دهد که به ازای افزایش 10 میکروگرم در متر مکعب در غلظت ذرات ذرات کوچکتر و مساوی 10 میکرون، همراه با 1% افزایش کل مرگ و میر است.

توفانهای گرد و خاک که در سال 2003 در ایالت های کالیفرنیا- نیومکزیکو- واشنگتن- تگزاس رخ داد منجر به 2 مورد مرگ و 91 مورد مصدومیت گردید. نتایج مطالعه ایی که در تایوان و کره انجام گرفت نشان می دهد که به ازای افزایش هر 10 میکروگرم در متر مکعب در غلظت ذرات معلق کوچکتر از 10 میکرون ( $PM_{10}$ ) در زمان پدیده گرد و غبار، میزان مرگ و میر نیز 1 درصد افزایش می یابد.

## تاثیر گرد و غبار بر بار میکروبی

بعضی از محققان اعتقاد دارند که همه میکرو ارگانیسمها در توده های گرد و غبار بوسیله پرتوهای ماوراء بنفش خورشید، فقدان نوترینتها و خشک شدن در سفرهای چند روزه از بین می روند. اما بعضی از گونه های باکتریایی از جمله باسیلوسها و



چین می باشد ( $CFU/m^3$ ) 29038 می باشد.

در تحقیقی که توسط محققین بر روی بار میکروبی گرد و غبار انجام گرفت، در نمونه های گرفته شده از 2 پدیده گرد و غبار در سرزمینهای اشغالی فلسطین جمعیت قارچهای غالب عبارتند از: 1- آلترناریا آلترناتا 2- اسپرژیلوس فومیگاتوس 3- اسپرژیلوس نایجر 4- اسپرژیلوس تامی 5- کلستریدیوم کلادوسپوریدس و پنسیلیوم است، بیشتر قارچهای شناخته شده آلرژیک هستند و پتانسیل ایجاد آسم- التهاب چشم- پنومونی آسمی و غیر آسمی را می دهند و غلظت باکتریهای مرئی 9 برابر مقدار اندازه گیری شده در روزهای عادی بود. کل غلظت میکروب مرئی (قارچها و باکتریها با هم) در مدت پدیده گرد و غبار 1200 و در روزهای عادی 233 کلنی در هر متر مکعب بوده است.

در مطالعه ای که در دانشگاه هیروشیما ژاپن در سال 2007 انجام گردید. در این تحقیق باکتریهای باسیلوس سابتیلوس، باسیوس لیچنیفورمیس، استافیلوکوک اپیدرمیس، گراسی باسیلوس و غیره با استفاده از روش PCR(16S rRNA) از گرد و غبار جدا گردید. و با نمونه هایی که از خاکهای بیابان گبی (Gobi) چین جدا گردید بین (99/7-100%) مشابهت وجود داشت.

### نتیجه گیری

با افزایش سرعت باد در بیابانها و با توجه به رطوبت خاک، اندازه دانه، پوشش گیاهی، بافت خاک، چسبندگی ذرات خاک و پستی و بلندی های زمین توفانهای گرد و خاک ایجاد می گردد. ورود ذرات به جریان باد به اندازه، شکل و چگالی آن بستگی دارد. ذرات تولید کننده پدیده گرد و غبار می توانند تا

ارتفاع 6 کیلومتر صعود کرده و تا مسافت 20000 کیلومتر انتقال می یابند. این پدیده دید افقی را تا حد صفر کاهش می دهد. بیابان صحرا در آفریقا بزرگترین منبع تولید کننده گرد و غبار در جهان می باشد. غبار جوی منجر به کاهش تولیدات کشاورزی به میزان 30-5 درصد می گردد. همچنین توفانهای گرد و خاک منجر به افزایش بیماریهای تنفسی و مرگ و میر می گردند. ذرات کوچکتر و مساوی 10 میکرون خطر مرگ تنفسی در کودکان زیر یکسال را افزایش داده، بر عملکرد شش ها اثر گذاشته و آسم را تشدید نموده و باعث بروز علائم تنفسی دیگر مثل سرفه و برونشیت در کودکان می شود. ذرات کوچکتر و مساوی 2/5 میکرون به صورت جدی بر سلامتی تاثیر گذاشته، و مرگ ناشی از بیماریهای تنفسی، قلبی و عروقی و سرطان ریه را افزایش می دهد. بی شک کنترل این پدیده که بیش از 17 استان کشور را در بر می گیرد، نیاز به تلاش بیشتر و هماهنگی بین منطقه ای با کشور های همسایه را دارد. و همچنین با توجه به تاثیرات بسیار مضر که بر سلامت ساکنین غرب و جنوب غربی کشور دارد، تلاش جدی کلیه دستگاههای اجرایی را می طلبد.

### مراجع

- affection Petroleum mulching method in its control. Ph.D. Thesis. Tehran University of Medical Science, School of Public Health, Environmental Health Engineering.
13. Shao, Y. Leys J. F, McTainsh G. H, Tews K., 2007, Numerical simulation of a dust event in Australia, *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 112(D8).
  14. Chan Y-C, McTainsh G, Leys J, McGowan H, Tews K., 2005, Influence of the 23 October 2002 dust storm on the air quality of four Australian cities, *Water, Air and Soil Pollution*, 164, 329-48.
  15. Miller S. D, Kuciauskas A. P, Liu M, Ji Q, Reid J. S, Breed D. W., 2008, Haboob dust storms of the southern Arabian Peninsula, *Journal of Geophysical Research*, 113 (D1), D01202.
  16. Jickells T. D., An Z. S., Andersen K. K., Kubilay N., 2005, Global iron connections between desert dust, ocean biogeochemistry and climate, *Science*, 308.
  17. Prospero J. M., Ginoux P., Torres O., Nicholson S. E., Gill, T. E., 2002, Environmental characterization of global sources of atmospheric soil dust identified with the NIMBUS 7 Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) absorbing aerosol product, *Rev Geophys*, 40, 2-31.
  18. Tanaka T. Y., 2005, Possible transcontinental dust transport from North Africa and the Middle East to East Asia, *Atmospheric Environment*, 39, 3901-10.
  19. Grousset, F. E., Ginoux, P., Bory A., Biscaye, P. E., 2003, Case study of a Chinese dust plume reaching the French Alps, *Geophys Res Lett* , 30(Art. No. 1277).
  20. Natsagdorj, L., Jugder D., Chung, Y. S. 2003, Analysis of dust storms observed in Mongolia during 1937-1999, *Atmos Environ*, 37, 1401-11.
  1. Shahsavani, A., Yarahmadi, M., Naddafi, K., 2011, Dust Storm: Environmental and Health impacts, *Journal of North Khorasan University of Medical Sciences*, 2(4), 45-56(In Persian).
  2. Xuan, j., Sokolik, I. N., Hao, J., Guo, F., Mao, H., Yang, G., 2004, Identification and characterization of sources of atmospheric mineral dust in East Asia, *Atmospheric Environment* ,38, 6239-52.
  3. Engelstaedter S, Tegen I, Washington R., 2006, North African dust emissions and transport, *Earth-Science Reviews*, 79, 73-100.
  4. Satheesh, S. K., Moorthy, K. K., 2005, Radiative effects of natural aerosols: a review, *Atmospheric Environment*, 39, 2089-110.
  5. Wark K, Warner W. 1998, air pollution (its origin and control), Wesley Longman, Inc, England, 3 Ed.
  6. Wang S, Yuan Y, Shang K., 2006, the impacts of different kinds of dust events on PM<sub>10</sub> pollution in northern China, *Atmospheric Environment*, 40(40), 75-9.
  7. Parsons AG, Abrahams AD., 2009, *Geomorphology of Desert Environments*.
  8. Goudie AS, Middleton N. J., 2006, *Desert Dust in the Global System*, Berlin, Springer.
  9. United Nations Environment Program, 2005, *Environmental News Emergencies*. <http://www.unep.org/depi/programmes/emergencies>.
  10. Goudie AS., 2009, Dust storms: Recent developments, *Journal of Environmental Management*, 90, 89-94.
  11. Hoffmann C, Funk R, Sommera M, Li Y., 2008, Temporal variations in PM<sub>10</sub> and particle size distribution during Asian dust storms in Inner Mongolia, *Atmospheric Environment*, 42, 8422-31.
  12. Shahsavani, A., 2012, Chemical & physical characterization, size distribution of air particles in khuzestan dust storm & identification of

- 2008, Source apportionment of particulate matter in Europe: A review of methods and results, *J. Aerosol Sci*, 39, 827-49.
30. Griffin, D. W., 2007, Atmospheric Movement of Microorganisms in Clouds of Desert Dust and Implications for Human Health, *Clinical Microbiology Reviews*, 20(3), 459-77.
31. Leon, J. F., Legrand, M., 2003, Mineral dust sources in the surroundings of the north Indian Ocean, *Geophys. Res. Lett*, 30, 1309-12.
32. Grimm aerosol. 2012, Spectrometer portable Environmental Dust monitor simultaneous measurement of PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>1</sub>, Model # 1.07. <http://www.grimm-aerosol.com/html/en/products/environmental-1.07-mobile>.
33. Mackie, D. S., Boyd, P.W., Hunter, K. A., McTainsh, G.H., 2005, Simulating the cloud processing of iron in Australian dust: pH and dust concentration, *Geophys. Res. Lett*, 32(L06809).
34. Marx, S. K., Kamber, B. S., McGowan, H. A., 2005, Estimates of Australian dust flux into New Zealand: quantifying the eastern Australian dust plume pathway using trace element calibrated <sup>210</sup>Pb as a monitor, *Earth Planet Sci. Lett*, 239, 336-51.
35. Goudie, A. S., Middleton, N. J., 2001, Saharan dust storms: nature and consequences, *Earth-Science Reviews*, 56, 179-204.
36. Jacquelyn, C., 2009, Climate analysis and long range forecasting of dust storm in IRAQ. Naval postgraduate school Monterey, California.
37. United Nations Environment Programme. 2003, Desk Study on the Environment in Iraq. Published in Switzerland, Report No.: 92-1-158628-3.
38. Shahsavani, A., Yarahmadi, M., Naddafi, K., Mesdaghinia, A., Younesian, M., 2011, Trend Analysis of the Dust Storms Entering IRAN
21. Shahsavani, A., Naddafi K., Jaafarzade N., Mesdaghinia M., Younesian M., Nabi Zadeh R., 2012, The evaluation of PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, and PM<sub>1</sub> concentrations during the Middle Eastern Dust (MED) events in Ahvaz, Iran, from April through September 2010, *Journal of Arid Environments*, 77, 72-83.
22. Shahsavani, A., Naddafi K., Jaafarzadeh N., Mesdaghinia A., Yunesian M., Nabizadeh R., 2011, Characterization of ionic composition of TSP and PM<sub>10</sub> during the Middle Eastern Dust (MED) storms in Ahvaz, Iran, *Environment Assess*, Im press.
23. Orlovsky, L., Orlovsky, N., Durdyev, A., 2005, Dust storms in Turkmenistan, *Journal of Arid Environments*, 60, 83-97.
24. Wang, S., Wang J, Zhou Z, Shang K., 2005, Regional characteristics of three kinds of dust storm events in China, *Atmospheric Environment*, 39, 509-20.
25. Kim, K. H., Choi, G. H., Kang, C. H., Lee, J. H., Kim, G. Y., 2003, The chemical composition of fine and coarse particles in relation with the Asian Dust events. *Atmospheric Environment*, 37, 753-65.
26. Prospero, J. M., Lamb, P. J., 2003, African droughts and dust transport to the Caribbean: climate change implications. *Science*, 302, 1024-7.
27. Escudero, M., Querol, X., Pey, J., Alastuey, A., Perez, N., 2007, A methodology for the quantification of the net African dust load in air quality monitoring networks, *Atmospheric Environment*, 41, 5516-24.
28. Schlesinger, P., Mamane, Y., Grishkan, I., 2006, Transport of microorganisms to Israel during Saharan dust events, *Aerobiologia*, 22, 259-73.
29. Viana, M., Kuhlbusch, T. A. J., Querol, X., Alastuey, A., Harrison, R. M., Hopke, P. K.,

- size analysis of seabed sediments. *Sedimentology*, 51, 1145-54.
47. Arimoto, R., 2001, Eolian dust and climate: relationships to sources, tropospheric chemistry, transport and deposition, *Earth-Science Reviews*, 54, 29-42.
  48. Bishop, J. K. B., Davis, R. E., Sherman, J. T., 2002, Robotic observations of dust storm enhancement of carbon biomass in the North Pacific, *Science*, 298, 817-21.
  49. Guieu, C., Loy'e-Pilot, M. D., Ridame, C., Thomas, C., 2002, Chemical characterization of the Saharan dust end-member: some biogeochemical implications for the western Mediterranean sea, *Journal of Geophysical Research*, 107, 107.
  50. Griffin, D. W., Kellogg, C. A., 2004, Dust Storms and Their Impact on Ocean and Human Health: Dust in Earth's Atmosphere, *EcoHealth Journal*, 1(3), and 284-95.
  51. Miri, A., Ahmadi, H., Ghanbari, A., Moghaddamnia, A., 2007, Dust Storms Impacts on Air Pollution and Public Health under Hot and Dry Climate, *International Journal of Energy and Environment*, 1(2), 101-5.
  52. Al-Hurban, A.E., Al-Ostad A.N., 2010, Textural characteristics of dust fallout and potential effect on public health in Kuwait City and suburbs, *Environmental geology*, 60(1), 169-81.
  53. Houthuijs, D., Breugelmans, O., Hoek, G., 2001, PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> concentrations in central and Eastern Europe: Results from the Cesa study, *Atmos Environ, Part A*, 35(15), 2757-71.
  54. Wellenius, G.A., Schwartz, J., Mittleman, M. A., 2006, Particulate air pollution and hospital admissions for congestive heart failure in seven United States cities, *Am J Cardiol*. 1(97), 308-404.
  - with Special Focus on Khuzestan Province, 14 National Congress on Environmental Health, Yazd(Persian).
  39. Modarres, R., 2008, Regional maximum wind speed frequency analysis for the arid and semi-arid regions of Iran. *Journal of Arid Environments*, 72, 1329-42.
  40. Tazakia, K., Wakimoto, R., Minami, Y., 2004, Transport of carbon-bearing dusts from Iraq to Japan during Iraq's War, *Atmospheric Environment*, 38, 2091-109.
  41. Kambezidis, H. D., Kaskaoutis, D. G., 2008, Aerosol climatology over four AERONET sites: An overview, *Atmospheric Environment*, 42, 1892-906.
  42. Krueger, B. J., Grassian, V. H., Cowin, J. P., Laskin, A., 2004, Heterogeneous chemistry of individual mineral dust particles from different dust source regions: the importance of particle mineralogy, *Atmospheric Environment*, 38, 6253-61.
  43. Wang, Y. Q., Zhang, X. Y., Arimoto, R., Cao, J. J., Shen, Z. X., 2005, Characteristics of carbonate content and carbon and oxygen isotopic composition of northern China soil and dust aerosol and its application to tracing dust sources, *Atmospheric Environment*, 39, 2631-42.
  44. Ye, B., Ji, X., Yang, H., Yao, X., Chan, C. K., Cadle, S. H., 2003, Concentration and chemical composition of PM<sub>2.5</sub> in Shanghai for a 1-year period, *Atmospheric Environment*, 37, 499-510.
  45. Akata, N., Hasegawa, H., Kawabata, H., Chikuchi, Y., Sato, T., Ohtsuka, Y., 2007, Deposition of <sup>137</sup>Cs in Rokkasho, Japan and its relation to Asian dust, *Journal of Environmental Radioactivity*, 95, 1-9.
  46. Holz, C., Stuut, J., 2004, terrigenous sedimentation processes along the continental margin off NW Africa: implications from grain-

63. Cao, J., Shen, Z., Chow, J. C., Qi, G., Watson, J. G., 2009, Seasonal variations and sources of mass and chemical composition for PM<sub>10</sub> aerosol in Hangzhou, China, *Particuology*, 7, 161-8.
64. Laura, P., Aurelio, T., Xavier, Q., Nino, K., Jorge, P., Alastuey, A., 2008, Coarse Particles from Saharan Dust and Daily Mortality, *Epidemiology*, 19(6), 800-7.
65. Christina, A., Kellogg, C. A., Griffin, D. W., 2006, Aerobiology and the global transport of desert dust. *Trends in Ecology and Evolution*, 21(11), 638-44.
66. Maier, R. M., Drees, K. P., Neilson, J. W., 2004, Microbial life in the Atacama Desert, *Science*, 306, 1289-90.
67. Griffin, D. W., Kellogg, C. A., Garrison, V. H., Lisle, J. T., Borden, T. C., Shinn, E. A., 2003, Atmospheric microbiology in the northern Caribbean during African dust events, *aerobiology*, 19:(3-4), 143-157.
68. Ho, H. M., Rao, C. Y., Hsu, H. H., Chiu, Y. H., Liu, C. M., Characteristics and determinants of ambient fungal spores in Hualien, Taiwan. *Atmosphere Environ*, 39, 5839-50.
69. Wu, P. C., Tsai, J. C., Li, F. C., 2004, Increased levels of ambient fungal spores in Taiwan are associated with dust events from China, *Atmosphere Environ*, 38, 4879-86.
55. Morbidity MWRM. 2003, Increase in coccidioidomycosis—Arizona, 1998–2001. Centers for Disease Control and Prevention (CDC), 52(06), 109-112.
56. Peters, A., 2005, Particulate matter and heart disease: Evidence from epidemiological studies. *Toxicol Appl Pharmacol*, 1(207), 477-82.
57. Hyun, C., Dong, W.S., Wonnyon, K., Seong, J. D., Soo, H. L., Minsoo, N., 2011, Asian dust storm particles induce a broad toxicological transcriptional program in human epidermal keratinocytes, *Toxicol Lett*, 200(1-2), 92-9.
58. Ziqiang, M., Quanxi, Z., 2007, Damage effects of dust storm PM<sub>2.5</sub> on DNA in alveolar macrophages and lung cells of rats, *Food Chem Toxicol*, 45(8), 1368-74.
59. Griffin, D. W., Garrison, V. H., Herman, J. R., Shinn, E. A., 2001, African desert dust in the Caribbean atmosphere: microbiology and public health, *Aerobiologia*, 17(3), 203-13.
60. Kellogg, C. A., Griffin, D. W., 2004, Characterization of aerosolized bacteria and fungi from desert dust events, in Mali, West Africa, *aerobiology*, 20(2), 305-22.
61. Colles, J. (2003). *Air Pollution*, Taylor & Francis.
62. Hua, N. P., Kobayashi, F., Iwasaka, Y., Shi, G. Y., Naganuma, T., 2007, Detailed identification of desert-originated bacteria carried by Asian dust storms to Japan, *aerobiology*, 23, 291-8.