



تأثیر طوفان‌های گردوغباری بر کیفیت میکروبی هوا در شهر اهواز و منشأیابی آن با استفاده از مدل‌سازی عددی

پریا برومندی^{۱*} و یوسف رشیدی^۲

^۱ گروه مهندسی شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مسجد سلیمان، مسجد سلیمان، ایران
^۲ گروه فناوری محیط زیست، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۲/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۲۳

برومندی، پ. و ی. رشیدی. ۱۳۹۷. تأثیر طوفان‌های گردوغباری بر کیفیت میکروبی هوا در شهر اهواز و منشأیابی آن با استفاده از مدل‌سازی عددی. فصلنامه علوم محیطی. ۱۶ (۲): ۴۹-۶۴.

سابقه و هدف: ذرات معلق موجود در هوا شاخص مهمی در کیفیت هوای خارجی است. غلظت‌های بالای این ذرات منجر به بسیاری از مشکلات بهداشتی می‌شود. تماس با آلودگی ناشی از هواویزهای زیستی تقریباً در زندگی شهری در سراسر جهان اجتناب‌ناپذیر است. حضور میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا در ذرات گردوغبار منجر به بیماری‌های دستگاه تنفسی، آسم و ذات‌الریه می‌شود. جمعیت میکروبی موجود در ذرات گردوغبار در روزهای عادی و روزهای غباری و نیز تطابق بین افزایش ذرات PM10 و افزایش جمعیت میکروبی در این تحقیق بررسی شده است.

مواد و روش‌ها: نمونه‌برداری توسط نمونه‌بردار میکروبی هوا ۱ و در ارتفاع ۱/۵ الی ۲ متری از سطح زمین با جریان L/min3/14 و به مدت ۵ دقیقه انجام شد. شناسایی جمعیت میکروبی با رقیق‌سازی‌های متوالی تا ۵-۱۰ از نمونه‌های گردو خاک در سرم فیزیولوژیک و کشت در محیط‌های کشت مربوطه و به مدت ۳-۵ روز در دمای محیطی $C 2 \pm 25$ گرمخانه‌گذرای انجام شد.

نتایج و بحث: در طوفان‌های غباری بر فراز شهر اهواز در فصول گرم (فروردین الی شهریورماه) سال ۱۳۹۰ هر نوع افزایش در غلظت ذرات PM10 حاضر در هوا در تطابق با افزایش غلظت باکتریایی و قارچی بوده است. در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد سال ۱۳۹۰ غلظت ذرات PM10 به‌طور مداوم بیشتر از حد استاندارد بوده است. افزایش غلظت باکتریایی در شهر اهواز به دلیل طوفان‌های غباری در روزهای غباری ۵ برابر و غلظت قارچی نیز در روزهای غباری ۱/۷ برابر روزهای عادی افزایش یافته است. در روزهای غباری غلظت میکروارگانیسم‌های غالب با افزایش مواجهه بوده است و باکتری غالب باسیلوس ۴۵٪، جمعیت کل باکتریایی و قارچ غالب اسپرژیلوس ۴۴٪ جمعیت کل قارچی را در ذرات گردوغبار شامل می‌شود. نتایج حاصل افزایش جمعیت میکروبی حاضر در ذرات گردوغبار در روزهای غباری را نشان می‌دهد. هر نوع افزایش در جمعیت میکروبی حاضر در ذرات گردوغبار می‌تواند منجر به تأثیرات منفی بر سلامتی انسان شود.

نتیجه‌گیری: با بررسی روند تغییرات سالیانه و فصلی پارامترهای هواشناسی و استفاده از نرم‌افزار HYSPLIT می‌توان دریافت که منشأ احتمالی این ذرات در شهر اهواز، کشورهای همسایه در جنوب غرب ایران به‌ویژه مناطق شمال غرب کشور عراق و شرق کشور سوریه است.

واژه‌های کلیدی: آلودگی هوا، طوفان‌های غباری، ذرات PM10، باکتری، قارچ.

مقدمه

این ذرات معلق می‌توانند محل مناسبی برای استقرار عوامل بیماری‌زا، به‌ویژه باکتری‌ها شوند و همراه با تنفس وارد مجاری تنفسی افراد می‌شوند. بدین‌وسیله آلاینده‌های هوا به‌راحتی تا اعماق برونش‌های ریه نفوذ می‌کنند. با افزایش غلظت ذرات معلق هوا، غلظت ذرات بیولوژیکی هم به اوج خود می‌رسد و تعداد عوامل بیماری‌زای زنده، به‌ویژه تعداد باکتری‌ها در هر مترمکعب هوا نیز تحت شرایط مختلف به بیشترین حد می‌رسد (Abdelhameed *et al.*, 2009). حجم عظیمی از گردوغبار نشأت‌گرفته از زمین‌های لم‌بزرع و خشک می‌توانند تا ارتفاعات زیاد بالا روند و می‌توانند میکروارگانیسم‌ها را تا مسافت‌های دور حمل کنند. مشکلات زیست‌محیطی، لغو پروازها، ضررهای اقتصادی و بار روانی ایجادشده در جامعه از مهم‌ترین مضرات قابل‌مشاهده پدیده گردوغبار هستند (Kellogg and Griffin, 2006). بررسی‌های زیادی مشخص کردند که پخش شدن قارچ‌ها در هوا شاید با اثرات سمی حاد، آلرژی و تورم پوستی مربوط باشد. همچنین قارچ‌ها در ایجاد و تشدید بیماری‌هایی مثل قلبی-ریوی، حملات آسمی (تنگی نفس) و آنفارتوس، نقش دارند. در پژوهشی (Shahsavani *et al.*, 2012) گزارش کرده‌اند که طوفان‌های گردوغبار سبب افزایش بیماری‌های تنفسی و افزایش تعداد مرگ‌ومیر در روزهای گردوغباری اهواز شده است. هاگ قارچ‌ها می‌توانند تا هزاران کیلومتر در حضور یا غیاب گردوغبار انتقال یابند. خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی ذرات گردوغبار به‌طور کامل وابسته به منابع گردوغبار هستند (Soleimani *et al.*, 2013). به‌طور مثال بررسی‌های گذشته بیولوژیکی گردوغبار، نشان دادند که قسمت اعظم اسپریلوس می‌تواند از صحرای عربستان سعودی نشأت گرفته باشد. در این پژوهش تطابق بین پارامترهای هواشناسی و رخداد روزهای گردوغباری در شهر اهواز طی ۲۱ سال اخیر بررسی خواهد شد. همچنین با استفاده از

از عوامل اصلی طوفان‌های غباری در ایران به‌ویژه در غرب ایران باد شمال است که هر سال از ماه اردیبهشت شروع می‌شود و تا شهریور ادامه دارد. باد شمال در نواحی شمالی شرق میانه شکل می‌گیرد و بعد از عبور از کوه‌های ترکیه و شمال کشور عراق به ایران می‌رسد (Shahsavani *et al.*, 2012). اهواز واقع در ۳۱/۳۲ درجه عرض جغرافیایی، ۴۸/۶۸ درجه طول جغرافیایی و با جمعیتی معادل یک میلیون نفر مرکز استان خوزستان است. اخیراً طوفان‌های گردوغبار بر فراز جنوب غرب ایران یک منبع آلودگی هوای غیرطبیعی برای این شهر ایجاد کرده است. یک انسان به‌طور متوسط اغلب 10m^3 هوا در هر روز استنشاق می‌کند. باکتری‌های موجود در آن نیز می‌توانند وارد بدن شده و ایجاد عفونت و یا عوارض آلرژیک کنند، که این مهم به نوع و تعداد باکتری‌های موجود در هوا بستگی دارد. هوا، محیطی نامساعد برای زندگی میکروب‌ها است. فقدان ماده غذایی، عدم رطوبت کافی، درجه حرارت نامناسب، اثر مرگ‌آور نور خورشید و عمل خشک‌کنندگی آن محیط را برای میکروب‌ها غیرقابل زیست می‌کند اما برای انتقال و سرایت بیماری راهی مناسب و با اطمینان است. PM10 ها می‌توانند باعث اثرات مخربی بر سلامت از جمله آسم، ذات‌الریه و عفونت دستگاه تنفسی شوند (Sandstrom and Forsberg, 2008). از سوی دیگر عوامل میکروبی (باکتری‌ها و قارچ) می‌توانند مسافت‌های طولانی را (۵۰۰۰ کیلومتر) به همراه ذرات موجود در هوا طی کنند (Nourmoradi *et al.*, 2015; Bovallius, 1980; Roffey and Heningson, 1980; Prospero *et al.*, 2005; Griffin, 2007). هوایزهای زیستی حدود ۲۵ درصد حجمی ذرات منتقل‌شونده توسط هوا را تشکیل می‌دهند. اغلب آنها از منابع طبیعی مانند خاک‌ها، دریاها، حیوانات و انسان‌ها ناشی می‌شوند. تحقیقات زیادی نشان داده است که باکتری‌های مستقر روی ذرات بیولوژیکی، شباهت زیادی به باکتری‌های مجاری تنفسی انسان دارد.

(Kim, 2009). نمونه‌برداری‌ها در روزهای غباری و عادی دو بار صورت گرفته است. در روزهای عادی نمونه‌برداری‌ها هر شش روز یک‌بار تکرار شده است. طی روزهای غباری تکرار نمونه‌برداری در همان روز انجام شده است (EPA, 2006). تعداد نمونه‌ها در روزهای ۶۲ و در روزهای غباری ۴۰ است. در بازه زمانی نمونه‌برداری متوسط دمای شهر اهواز 34°C ، متوسط رطوبت نسبی هوا ۳۰٪، متوسط سرعت باد حداکثر $12/3\text{ m/sec}$ است. برای شناسایی جمعیت میکروبی حاضر در ذرات گردوغبار از روش‌های شناسایی روتین آزمایشگاه میکروبیولوژی استفاده شده است. بعد از تهیه و رقیق‌سازی‌های متوالی تا 10^{-5} از نمونه‌های گردوخاک در سرم فیزیولوژیک، آنها را در محیط‌های «مولر هینتون آگار^۲» و «بلاد آگار^۳» برای جداسازی و کشت باکتری‌ها و «سابرو دکستروز آگار^۴» برای شناسایی قارچ‌ها، کشت داده شده‌اند. بعد از جداسازی به کمک آزمون‌های بیوشیمیایی و مورفولوژی نمونه‌های جدا شده تا حد جنس تشخیص داده شدند. روش کشت در همه محیط‌ها، به دو روش «پورپلیت^۵» و سطحی^۶ انجام شد. محیط‌های کشت در دمای محیطی $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ، به مدت ۳-۵ روز گرمخانه‌گذاری شدند. کشت‌ها دو مرتبه تکرار شد. نتایج بر اساس فراوانی تعداد کلنی‌های تشخیص داده‌شده، محاسبه شده‌اند.

مسیریابی ذرات گردوغبار با استفاده از

نرم‌افزار HYSPLIT.4

یکی از روش‌های شناسایی کانون‌های غباری علاوه بر تصاویر ماهواره‌ای استفاده از نرم‌افزارهای مسیریابی است که با تقریب خوبی قادر به تشخیص منابع تولید گردوخاک است. در مدل HYSPLIT^۷ با روش لاگرانژی پس از انتخاب ذره در موقعیت مکانی و زمانی خاص، حرکت آن با گام‌های زمانی دلخواه به سمت زمان‌های گذشته یا به سمت آینده امکان‌پذیر است. برای مسیریابی پس‌گرد، ذرات در ایستگاه اهواز در زمان اوج هر یک از

مدل‌سازی عددی HYSPLIT نیز منشأ ذرات طوفان‌های گردوغبار رخ داده در بازه زمانی ۱۳۹۰ بررسی خواهد شد. علاوه بر آن جمعیت میکروبی حاضر در ذرات گردوغبار در روزهای عادی و غباری به همراه تطابق مابین افزایش ذرات PM_{10} و افزایش جمعیت میکروبی در این تحقیق بررسی خواهد شد.

مواد و روش‌ها

توصیف منطقه مورد بررسی، نحوه نمونه‌برداری و آنالیز بیولوژیکی ذرات گردوغبار

در این پژوهش نمونه‌برداری گردوخاک در شهر اهواز ($31/20^{\circ}\text{N}$ و $48/40^{\circ}\text{E}$) طی فصول گرم سال (فروردین- شهریور) ۱۳۹۰ انجام شده است. اطلاعات داده‌های هواشناسی، تعداد روزهای توأم با گردوغبار و غلظت ذرات PM_{10} مورد استفاده در این پژوهش از سازمان هواشناسی کل و اداره کل حفاظت محیط زیست استان خوزستان تهیه شده است. پارامترهای هواشناسی دمای بیشینه، رطوبت نسبی، بارندگی، سرعت و جهت باد به دلیل داشتن بیشترین نقش در ایجاد طوفان‌های گردوغبار انتخاب شده‌اند. ارتباط و روند سالیانه و فصلی بین تعداد روزهای به همراه گردوغبار و پارامترهای هواشناسی فوق‌الذکر به دلیل اینکه مستعدترین شرایط برای بلند شدن ذرات گردوغبار زمانی است که خاک خشک می‌شود (کاهش بارندگی و به دنبال آن کاهش رطوبت و افزایش دما) و سرعت باد به حد آستانه می‌رسد، بررسی شد. نمونه‌برداری از هوا برای تشخیص حضور میکروارگانیسم‌ها توسط نمونه‌بردار میکروبی هوا^۱ و در ارتفاع ۱/۵ الی ۲ متری از سطح زمین که معمولاً بیشترین تراکم میکروبی را دارد و ارتفاع تنفسی افراد محسوب می‌شود صورت گرفت. نمونه‌برداری طی روزهای عادی و غباری به ترتیب به مدت ۵ و ۲ دقیقه انجام شد و میزان جریان نمونه‌برداری $14/3\text{ L/min}$ بوده است. نمونه‌برداری از هوا به روش Air trapping به داخل پلیت صورت گرفت

به سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۷۷ بسیار بیشتر بوده است. از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۸ تعداد روزهای همراه با گردوغبار افزایش یافته به طوری که در سال ۱۳۸۸ به ماکزیمم مقدار خود طی ۲۱ سال اخیر (۱۶۰ روز) می‌رسد.

میانگین سالیانه درجه حرارت، میزان بارش و رطوبت نسبی

متوسط سالیانه سه پارامتر هواشناسی در شکل ۲ برای ایستگاه اهواز طی یک دوره ۲۱ ساله نشان داده شده است (IR.DOE, 2016). با توجه به شکل ۲ پارامتر درجه حرارت و رطوبت نسبی روند خاصی را با تغییرات بسیار کم دنبال می‌کنند. این امر کاملاً برخلاف تغییرات شدید مشاهده شده در تعداد روزهای همراه با گردوغبار در بازه زمانی ثبت شده است. همچنین با توجه به شکل ۲ می‌توان دریافت که میزان بارش تغییرات بیشتری را نسبت به دو پارامتر قبلی تجربه کرده است. به طوری که کمترین میزان بارش ثبت شده طی بازه زمانی موردنظر مربوط به سالی است که بیشترین تعداد همراه با گردوغبار را تجربه کرده است (سال ۱۳۸۸). در سال ۱۳۸۸ که با بیشترین روزهای توأم با گردوغبار همراه بوده است متوسط حداکثر جهت باد ۲۳۰ درجه و میانگین سرعت به ۲۳ متر بر ثانیه رسیده است.

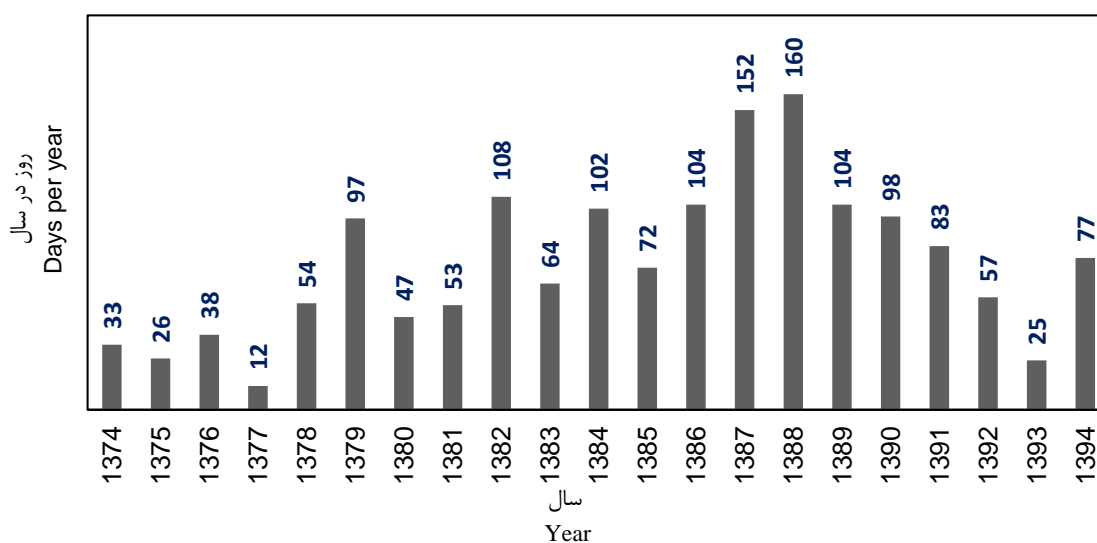
طوفان‌های گردوغباری در نظر گرفته شده است. در این پژوهش ذرات در سطح ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متری از سطح زمین و در حفاصل زمانی ۶ ساعته تا ۲۴ ساعت قبل از وقوع طوفان گردوغباری ردیابی شده‌اند. در اجرای مدل از داده‌های FNL^۸ که در واقع اطلاعات پردازش شده NCEP^۹ توسط آزمایشگاه هوا وابسته به NOAA^{۱۰} هستند، استفاده شده است (Draxler, 1998).

نتایج و بحث

بررسی پارامترهای هواشناسی

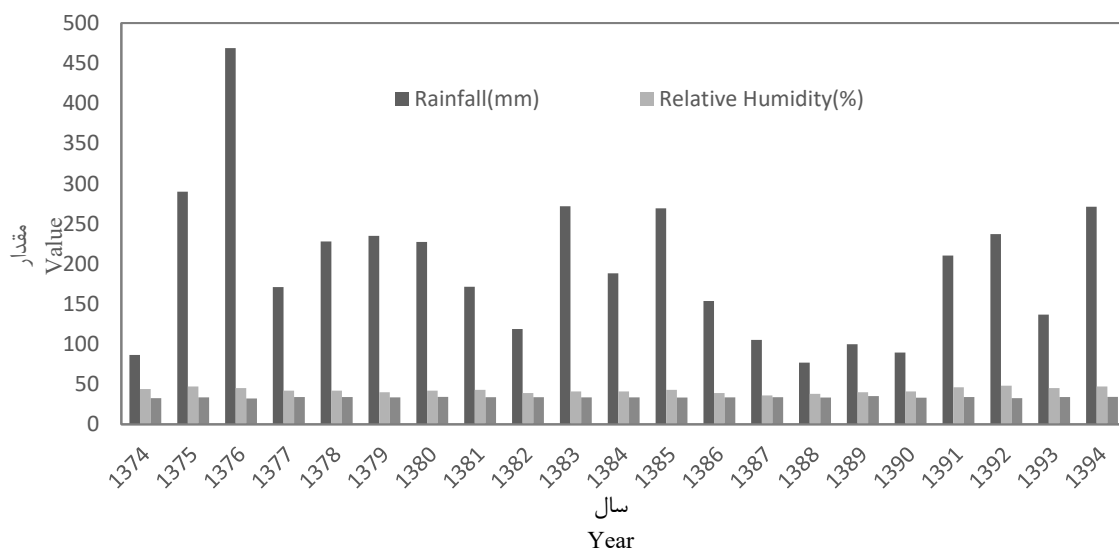
تعداد روزهای همراه با گردوغبار

تعداد روزهای همراه با گردوغبار در شکل ۱ برای ایستگاه اهواز طی یک دوره ۲۱ ساله نشان داده شده است (IR.DOE, 2016). منظور از روزهای توأم با گردوغبار زمانی است که غلظت ذرات گردوغبار (PM10) به بالای $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ در روز برسد (Givehchi *et al.*, 2013). از سال ۱۳۷۷ به بعد تعداد روزهای همراه با گردوغبار افزایش چشم‌گیری را تجربه کرده است. به طوری که در سال ۱۳۷۹ تعداد این روزها در این ایستگاه به ۹۷ روز در سال می‌رسد. از سال ۱۳۸۴ تا سال ۱۳۸۶ دوباره یک روند کاهشی مشاهده می‌شود، اما تعداد روزهای همراه با گردوغبار نسبت



شکل ۱- تعداد روزهای همراه با گردوغبار طی دوره ۲۱ ساله در اهواز

Fig. 1- Number of dusty days over the 21 year period in the city of Ahwaz



شکل ۲- میانگین سالیانه رطوبت نسبی بر حسب درصد، درجه حرارت بر حسب درجه سانتی‌گراد و میزان بارش بر حسب میلی‌متر در ایستگاه اهواز

Fig. 2- The annual average relative humidity (%), maximum temperature (°C) and rainfall (mm) in Ahvaz station

بیانگر بیشینه رخداد روزهای همراه با گردوغبار در ایستگاه اهواز مشابه ایستگاه اهواز (Abdovis et al., 2012; Nastagdori et al., 2012; Mehrabi, et al., 2015) در فصل بهار است، درحالی‌که بیشترین تعداد روزهای همراه با گردوغبار بنا به پژوهش‌های مشابه (Mehrabi et al., 2015) برای سایر ایستگاه‌های استان خوزستان از جمله امیدیه، دزفول و مسجدسلیمان در تابستان رخ داده است. نتایج همچنین نشان داد که در ایستگاه اهواز فصل همراه با بیشترین روزهای طوفانی (بهار) با فصل دارای کمترین مقدار بارندگی (تابستان) مطابقت ندارد که به نظر می‌رسد دلیل اصلی این موضوع، تفاوت ویژگی‌های اقلیمی منطقه رسوب‌گذاری و منطقه منشأ است. درحالی‌که رخ دادن طوفان‌های گردوغبار در تابستان در ایستگاه‌های دیگر نشان‌دهنده امکان محلی و درون‌استانی بودن منشأ طوفان‌های این منطقه است (Abdovis et al., 2012). بیشترین میزان رطوبت نسبی در ایستگاه اهواز مربوط به فصل زمستان است که نشان می‌دهد فصل همراه با کمترین تعداد روزهای همراه با گردوغبار با فصل همراه با بیشترین میزان رطوبت

بررسی فصلی تعداد روزهای همراه با گردوغبار

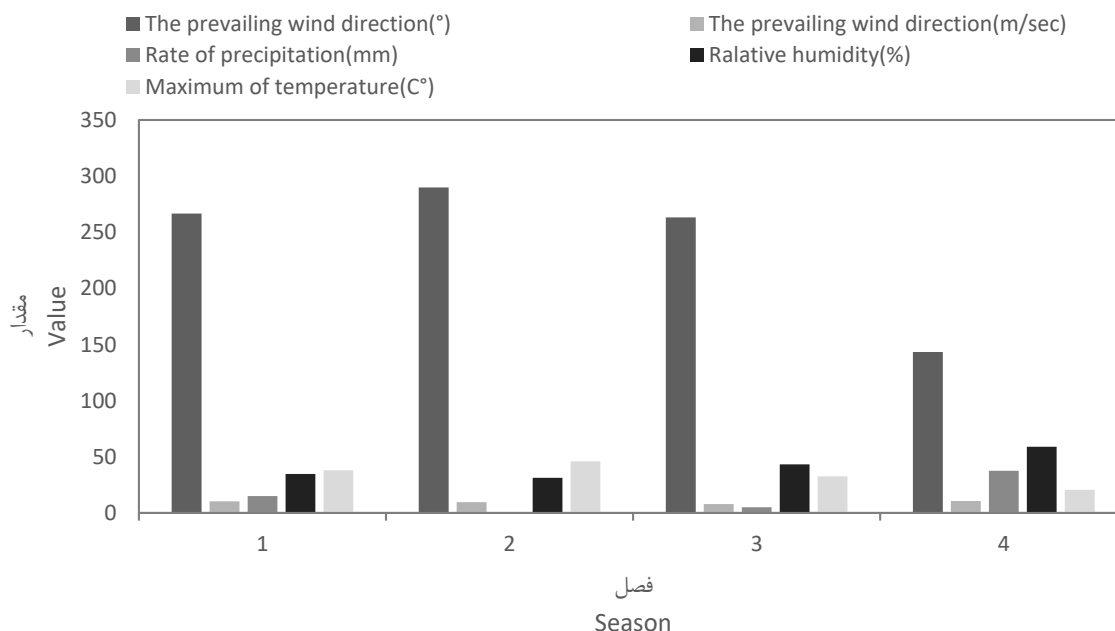
با بررسی فصلی تعداد روزهای همراه با گردوغبار، بیشترین رخداد روزهای همراه با گردوغبار در اهواز در فصل بهار مشاهده شده است. در سال ۱۳۸۸ بیشترین روزهای همراه با گردوغبار در فصل بهار ۶۰ روز است؛ و در فصل پاییز به کمترین میزان خود (۱۲ روز) رسیده است.

بررسی فصلی پارامترهای هواشناسی

با بررسی فصلی پارامترهای هواشناسی بیشترین میزان رطوبت نسبی در فصل زمستان مشاهده شده است. بیشترین مقدار درجه حرارت به همراه کمترین میزان بارش در فصل تابستان مشاهده شده است. جهت وزش باد غالب برای فصل بهار که به همراه بیشترین روزهای طوفانی در اهواز است، $266/67^{\circ}$ و نشانگر جهت وزش بادهای غربی و جنوب غربی است. میانگین فصلی حداکثر سرعت باد غالب در اهواز، در فصل بهار به میزان m/sec $10/34$ ثبت شد که با نتیجه بیشترین روزهای همراه با گردوغبار در فصل بهار مطابقت دارد (شکل ۳). نتایج

مرکز و شرق استان (از جمله امیدیه، مسجدسلیمان و دزفول) با توجه به تطابق فصل با کمترین میزان بارندگی و بیشترین تعداد روزهای توأم با گردوغبار، نواحی داخلی استان در فصل تابستان رطوبت خاک خود را از دست داده و قابلیت بلند شدن ذرات را پیدا کرده و می‌توانند به‌عنوان منشأهای داخلی شناسایی شوند (Abdovis *et al.*, 2012). از آنجاکه میزان فرسایش بادی تابعی از فرساینده‌گی باد و فرسایش‌پذیری خاک است هر عاملی که باعث افزایش فرساینده‌گی و فرسایش‌پذیری شود می‌تواند عاملی باشد برای تشدید فرسایش بادی و به دنبال آن افزایش طوفان‌های گردوغبار (Nastagdori *et al.*, 2002). بنابراین در هر منطقه که خاک خشک و سرعت باد به حد آستانه برسد ذرات خاک بلند شده و در هوا معلق می‌شوند. بنابراین کمبود بارندگی موجب کاهش رطوبت خاک، افزایش فرسایش‌پذیری و حرکت آن می‌شود. حال هرچه که میزان بارندگی و به دنبال آن رطوبت کمتر باشد فراوانی طوفان‌ها افزایش می‌یابد.

نسبی در اهواز تطابق ندارد. در واقع این نتیجه می‌تواند فرامرسی بودن قسمت عمده طوفان‌های گردوغبار را تأیید کند. از طرفی درجه حرارت نیز در این ایستگاه بیشترین میزان خود را در فصل تابستان تجربه می‌کند، در حالی که بیشترین تعداد روزهای همراه با گردوغبار مربوط به فصل بهار است. این نکته نیز می‌تواند دلیلی دیگر برای این ادعا باشد که منشأ قسمت اعظم طوفان‌های این شهر فرامرسی است. از طرفی دیگر با توجه به سایر بررسی‌ها در دو ایستگاه شرقی‌تر استان یعنی امیدیه و مسجدسلیمان فصل همراه با بیشترین تعداد روزهای توأم با گردوغبار و بیشترین درجه حرارت باهم تطابق دارد که شاید دلیل این امر را بتوان ناشی از بیشتر شدن منشأ داخلی این ذرات در شرق استان دانست: زمانی که طوفان وارده به غرب و جنوب غرب استان روی نواحی غرب و شرق رود کرخه و مناطق خشک‌شده تالابی استان تشدید می‌شود و ذرات با منشأ داخلی را به ایستگاه‌های واقع در مناطق مرکزی و شرقی استان وارد می‌کند (Abdovis *et al.*, 2012). در ایستگاه‌های واقع در



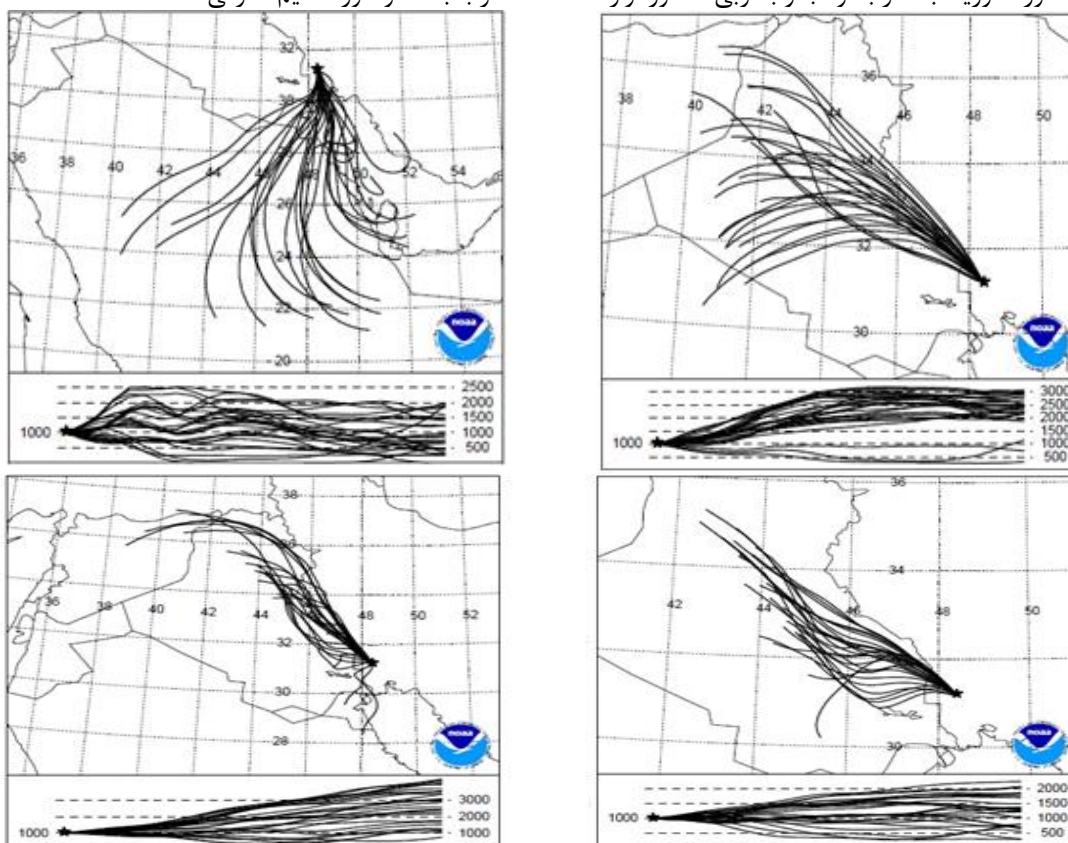
شکل ۳- میانگین فصلی جهت باد غالب (°)، سرعت باد غالب (m/sec)، میزان بارش (mm)، رطوبت نسبی (%). و درجه حرارت بیشینه (°C)، در ایستگاه اهواز

Fig. 3- The seasonal average of prevailing wind direction (°), prevailing wind speed (m/sec), rainfall (mm), relative humidity (%), and maximum temperature (°C) in Ahvaz

مسیریابی طوفان گردوغبار به کمک مدل لاگرنژی HYSPLIT.4

می‌شوند). با بررسی نتایج حاصل از مدل‌سازی می‌توان دریافت که در بازه زمانی مورد بررسی رخداد طوفان‌های مسیر شمال‌غرب-جنوب‌شرق مسیر اصلی پراکنش ذرات گردوغبار در شهرستان اهواز است. درحالی‌که مسیر اول که از مناطق مرکزی کشور عراق نشست می‌گیرد از فراوانی کمتری برخوردار است (Mehrabi et al., 2015). نتایج حاصل از بررسی‌های مشابه (Broomandi and Bakhtiarpour, 2016; Atee and Ahmadi, 2011) نیز منشأ اصلی طوفان‌های گردوغبار ایران را ناشی از مناطق فوق می‌داند که طی مسیرهای مشخص شده حاصل از مدل وارد ایران شده و منطقه مورد بررسی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. درحالی‌که در برخی تحقیقات از قبیل (Ataee and Ahmadi 2011) کانون‌های اصلی طوفان‌های گردوغباری در جنوب‌غربی ایران، دو منطقه غرب بغداد و هورالعظیم معرفی شده است.

خروجی‌های به‌دست‌آمده از این مدل می‌تواند مبنای خوبی برای تعیین دوره زمانی مناسب و نیز منشأ طوفان‌های گردوغبار باشد (شکل ۴). در این پژوهش ارتفاع ۵۰۰ متری از سطح زمین انتخاب شده است. یکی از مهم‌ترین دلایل انتخاب این ارتفاع ردیابی مسیر حرکت ذرات ۲۴ ساعت قبل از ورود اولین طوفان گردوغبار رخ داده در شهرستان اهواز است. با توجه به نتایج حاصل از مدل می‌توان دریافت که ذرات گردوغبار طی دو مسیر به منطقه مورد بررسی منتقل می‌شوند: (۱) مسیر غرب به شرق (از مرکز کشور عراق ذرات گردوغبار به غرب و جنوب‌غربی کشور وارد می‌شوند)؛ (۲) مسیر شمال‌غرب-جنوب‌شرق (ذرات از مناطق شمال‌غرب کشور عراق و شرق کشور سوریه به غرب و جنوب‌غربی کشور وارد



شکل ۴- مسیریابی طوفان گردوغبار به کمک مدل لاگرنژی HYSPLIT.4، از چپ به راست به ترتیب ۲۱ فروردین، ۱۷ خرداد، ۳۱ تیر و ۸ مردادماه سال ۱۳۹۰ اهواز

Fig. 4- HYSPLIT Back trajectory simulation, Ahvaz on (from left to right) 10 June, 7 June, 22 June and 30 June 2011

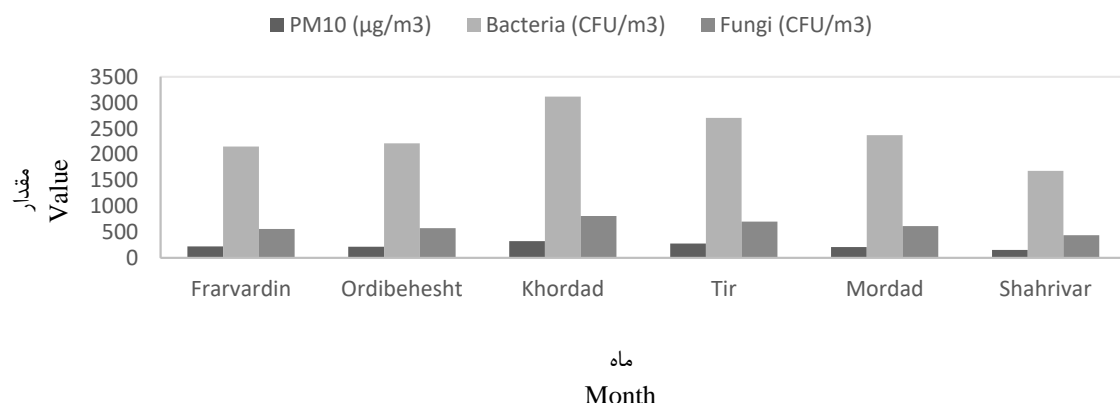
آنالیز میکروبی ذرات گردوغبار

در شهر اهواز در کنار غلظت ذرات $PM_{10}(\mu g/m^3)$ است. با توجه به شکل ۵ می‌توان دریافت که جمعیت باکتریایی مشاهده‌شده از ذرات جمعیت قارچی موجود بیشتر است. میانگین غلظت باکتری‌ها دارای محدوده $10^3 \times CFU/ml$ تا $10^2 \times CFU/ml$ و میانگین غلظت قارچ‌ها $10^3 \times CFU/ml$ تا $10^2 \times CFU/ml$ است. با توجه به شکل ۵ می‌توان دریافت که رخداد بیشترین غلظت باکتری‌ها و قارچ‌ها در خردادماه که به همراه بیشینه غلظت ذرات $PM_{10}(\mu g/m^3)$ بوده است، دارای تطابق است.

در جدول شماره ۱ غلظت ذرات $PM_{10}(\mu g/m^3)$ و پارامترهای هواشناسی طی فصول گرم سال (فروردین الی شهریور) در سال ۱۳۹۰ در شهر اهواز نشان داده شده است. با توجه به نتایج می‌توان دریافت که بیشینه مقادیر ذرات PM_{10} در خردادماه سال ۱۳۹۰ ($517.7 \mu g/m^3$) و کمینه مقادیر PM_{10} در شهریورماه سال ۱۳۹۰ ($279.4 \mu g/m^3$) رخ داده است. شکل ۵ بیانگر جمعیت باکتریایی و قارچی حاضر در ذرات گردوغبار جمع‌آوری‌شده در بازه زمانی مطالعاتی

جدول ۱- غلظت ذرات $PM_{10}(\mu g/m^3)$ و پارامترهای هواشناسی در بازه زمانی مورد بررسی (فصول گرم سال ۱۳۹۰) در شهر اهواز
Table 1. PM_{10} concentrations ($\mu g/m^3$), meteorological parameters during studied period (warm period in 2011) at Ahvaz city

زمان	بیشینه غلظت ذرات $PM_{10}(\mu g/m^3)$ Max. PM_{10} concentration ($\mu g/m^3$)	کمینه غلظت ذرات $PM_{10}(\mu g/m^3)$ Min. PM_{10} concentration ($\mu g/m^3$)	متوسط غلظت ذرات $PM_{10}(\mu g/m^3)$ Mean PM_{10} concentration ($\mu g/m^3$)	انحراف معیار	سرعت باد حداکثر (m/sec) Max. wind speed (m/sec)	متوسط دمای ماهیانه ($^{\circ}C$) Mean monthly temperature ($^{\circ}C$)
Time				Standard deviation		
فروردین Mar-Apr	357.4	84.8	221	80.83	13	24.5
اردیبهشت Apr- May	367.5	62.1	215	104.5	21	31.3
خرداد May- Jun	517.7	128.4	323.1	124.8	21	36.6
تیر Jun- Jul	449.4	103.1	276.3	113.9	9	38
مرداد Jul- Aug	393.9	25.4	209.7	108.9	9	39.1
شهریور Aug- Sep	279.4	25.8	152.6	70.2	10	34.9



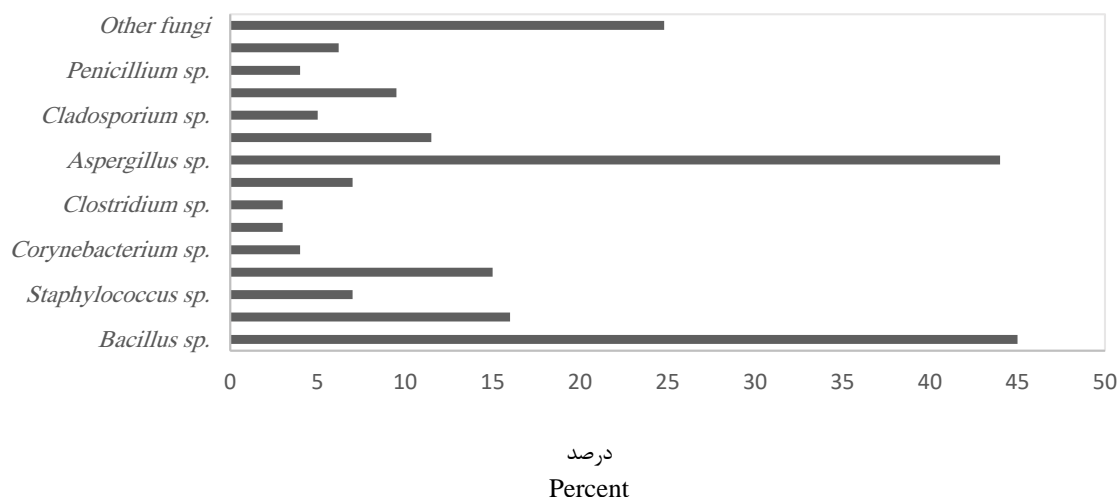
شکل ۵- غلظت باکتری‌ها برحسب CFU/ml ، غلظت قارچ‌ها برحسب CFU/ml حاضر در ذرات گردوغبار در روزهای غباری و متوسط غلظت ذرات PM_{10} برحسب $\mu g/m^3$ در فصول گرم سال (فروردین الی شهریورماه) سال ۱۳۹۰ در اهواز

Fig. 5- Bacterial concentration (CFU / ml), fungi concentration (CFU / ml) presented in dust particles, and the average PM_{10} concentrations ($\mu g / m^3$) during the warm season (March to September) in Ahvaz in 2011

جدول ۲- مقایسه غلظت باکتری‌ها و قارچ‌های مشاهده شده در ذرات گردوغبار در روزهای عادی و غباری طی فصول گرم سال (فروردین الی شهریورماه) سال ۱۳۹۰ در شهر اهواز

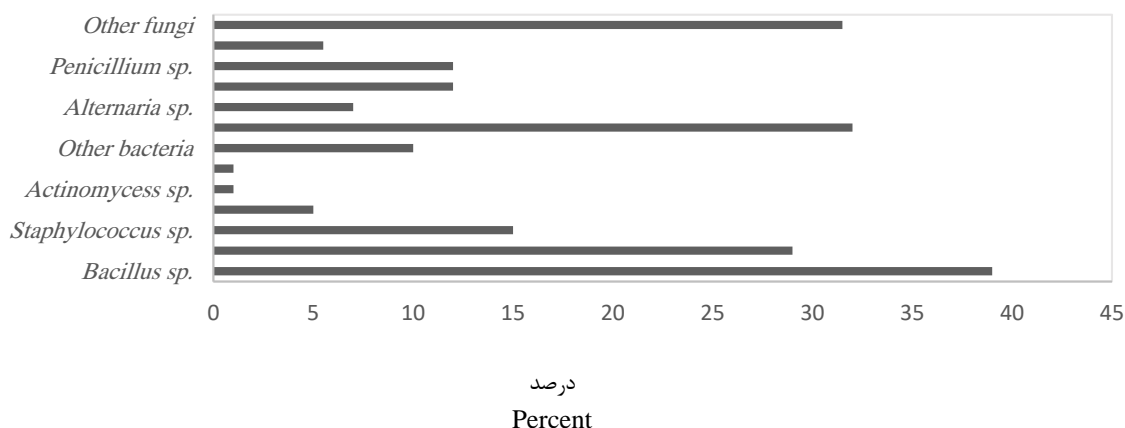
Table 2. Comparison of bacterial and fungal concentrations observed in dust particles on normal and dusty days during the warm season (March to September) in Ahvaz in 2011

شرایط Condition	آلاینده Pollutant	مقدار متوسط (CFU/ml) Average amount (CFU/ml)
نرمال Normal	باکتری‌ها Bacteria	4.6×10^2
نرمال Normal	قارچ‌ها Fungi	3.7×10^2
گردوغبار Dusty	باکتری‌ها Bacteria	2.3×10^3
گردوغبار Dusty	قارچ‌ها Fungi	6.2×10^2



شکل ۶ - میزان حضور میکروارگانیسم‌های باکتریایی و قارچی برحسب درصد در ذرات گردوغباری در روزهای غباری طی فصول گرم سال (فروردین الی شهریورماه) سال ۱۳۹۰ در شهر اهواز

Fig. 6- Percentage of bacteria and fungi presented in dust particles on dusty days during the warm season (March to September) in Ahvaz in 2011



شکل ۷ - میزان حضور میکروارگانیسم‌های باکتریایی و قارچی برحسب درصد در ذرات گردوغباری در روزهای عادی طی فصول گرم سال (فروردین الی شهریورماه) سال ۱۳۹۰ در شهر اهواز

Fig. 7- Percentage of bacteria and fungi present in dust particles on normal days during the warm season (March to September) in Ahvaz in 2011

میکروبی حاضر در ذرات گردوغبار را مشاهده کردند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که غلظت باکتری‌ها در روزهای غباری به‌طور متوسط ۵ برابر غلظت آنها در روزهای عادی در بازه زمانی مورد بررسی در شهر اهواز است. همچنین غلظت قارچی در این بازه زمانی در روزهای غباری ۱/۷ برابر روزهای عادی بوده است. Hara and Zhang (2011) نشان دادند که غلظت باکتریایی در روزهای غباری ۱ الی ۲ برابر مقادیر مشاهده در روزهای عادی است. همچنین Nourmoradi (2015) *et al.* با پژوهشی در شهرستان سنندج دریافته‌اند که میزان غلظت باکتریایی در روزهای غباری در حدود ۱/۵ برابر روزهای عادی و میزان غلظت قارچی نیز با افزایشی در حدود ۳/۸۳ برابر مواجه بوده است. میکروارگانیسم‌های باکتریایی و قارچی، توسط جریان باد قابل حمل از منابع گردوغباری طی مسافت‌های طولانی‌اند. باد و تلاطم هوا از عوامل مهم انتقال میکروارگانیسم‌ها از منابع گردوغباری به سایر مناطق‌اند (Lacey and West, 2007). برخی از میکروارگانیسم‌های جداشده، به‌صورت بالقوه می‌توانند منجر به حساسیت یا بیماری‌های خطرناکی شوند. بیشترین تعداد در بین باکتری‌های تشخیص داده‌شده طی روزهای غباری، *Bacillus sp.* با حدود ۴۵٪ فراوانی است. خوشبختانه اکثر گونه‌های این باکتری قدرت بیماری‌زایی بالایی ندارند، اما گونه بسیار خطرناک *Bacillus anthracis* در این جنس وجود دارد. البته در این تحقیق نوع گونه این باکتری مشخص نشد، اما اگر درصد کمی نیز متعلق به آن باشد، می‌تواند بسیار خطرناک باشد. *Bacillus anthracis* عامل بیماری سیاه‌زخم است. هاگ این باکتری همواره در خاک به فراوانی وجود دارد. در صورت استنشاق مقادیر زیاد هاگ این باکتری، فرد ممکن است دچار عفونت‌های خطرناک سیاه‌زخم ریوی و یا عفونت خونی شود. میزان مرگ‌ومیر طی این عفونت به‌ویژه در بین افراد کهن‌سال و نوزادان بسیار بالاست. در تحقیقی Christina *et al.* (2004) در بررسی میکروبی

در جدول شماره ۲ غلظت باکتری‌ها و قارچ‌ها طی روزهای عادی و غباری نمونه‌برداری و مقایسه شده است. طبق این جدول جمعیت میکروبی حاضر در ذرات گردوغباری طی روزهای غباری افزایش چشم‌گیری را تجربه می‌کند. همچنین در اشکال ۶ و ۷ می‌توان گونه‌های میکروبی غالب در ذرات گردوغباری را طی روزهای عادی و غباری مشاهده کرد. با توجه به نتایج جمعیت غالب باکتریایی در روزهای عادی و غباری متعلق به *Bacillus sp.* است. همچنین جمعیت غالب قارچی در روزهای عادی و غباری متعلق به *Aspergillus sp.* است. با توجه به اینکه متوسط غلظت ذرات PM10 در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد سال ۱۳۹۰ از مقدار استاندارد ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ۱۰۰ بیشتر بوده است، لذا غلظت باکتری‌ها و قارچ‌های حاضر در ذرات گردوغبار نیز با افزایش قابل توجهی روبه‌رو بوده است (شکل ۵). در پژوهشی Wier *et al.* (2000) دریافتند که میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا با استفاده از ذرات گردوغبار در سطح جهان پخش می‌شوند. طی بررسی‌هایی Nourmoradi *et al.* (2015) نشان دادند که بین غلظت PM10 با جمعیت باکتری، قارچ‌ها در روزهای عادی و نیز غباری (به‌جز جمعیت باکتری در روزهای عادی) رابطه چشمگیری وجود دارد. با توجه به نتایج جمعیت باکتری و قارچ غالب در روزهای عادی و غباری به ترتیب *Bacillus sp.* (۶۶/۶ - ۵۶/۲)٪ کل جمعیت باکتری‌ها) و *Cladosporium sp.* (۳۱/۳)٪ کل جمعیت قارچ‌ها) و *Mycosporium sp.* (۲۸/۶)٪ کل جمعیت قارچ‌ها) است. طی بررسی‌های صورت گرفته توسط Nourmoradi *et al.* (2015) در سنندج، بسیاری از میکروارگانیسم‌های باکتریایی و قارچی در طوفان‌های عربی دیده شده‌اند و غلظت ذرات PM10 و نیز جمعیت قارچی و باکتریایی در ماه‌های اردیبهشت، خرداد و تیر بیشتر از حد استاندارد بوده است. همچنین Jeon (2011) *et al.* با تحقیقی در کشور کره جنوبی، همبستگی قوی مثبتی را میان غلظت ذرات PM10 و میزان جمعیت

باکتریایی گرم منفی (۱۵٪) شناسایی کردند. در بررسی دیگر در سال ۲۰۱۳ توسط Khatun and Surrey (2013). تعداد کل باکتری‌ها و قارچ‌های قابل کشت موجود درون گردوغبار شهر سنندج را طی شش ماه مشخص شده است. نمونه‌های پاییز بیشترین میزان آلودگی میکروبی را داشته‌اند. آنها نیز دو جنس *Bacillus* sp. و *Staphylococcus* را به‌عنوان فراوان‌ترین نمونه‌های باکتریایی مشخص کرده‌اند.

در پژوهشی دیگر، فقط تعداد کل باکتری‌های رشته‌ای *Actinomyces* sp. درون گردوغبار اهواز توسط Khodarahmi et al. (2012) مورد بررسی قرار گرفت. آنها مشخص کردند میزان فراوانی این باکتری‌ها در هنگام گردوغبار حدود ۲/۵ برابر نسبت به شرایط هوایی سالم افزایش می‌یابد. بررسی تحقیقات انجام شده بر روی کشورهای مجاور نیز نشان می‌دهد که آلودگی با سویه‌های جنس *Bacillus* sp. بیشتر از بقیه بوده است. بررسی منابع نشان می‌دهد، متأسفانه بررسی‌های محدودی درون کشور روی باکتری‌های درون گردوغبار انجام شده است. در تحقیقی، Griffin et al. (2007) در بررسی گردوغبار سواحل مدیترانه در ترکیه مشخص کردند که بیش از ۷۷٪ نمونه‌های باکتریایی قابل کشت متعلق به *Bacillus* sp. است. پژوهشی که بر روی گردوغبار مناطق مختلف عراق توسط Moutaz et al. (2011) انجام شد، از بین ۳۱۰ کلنی میکروبی رشد کرده در شرایط آزمایشگاهی، مشخص شد که بیشترین نمونه با ۴۰/۶ فراوانی متعلق به *Bacillus* sp. بوده است. بقیه میکروارگانسیم‌های قابل رشد جدا شده نیز به ترتیب با حدود ۱۴/۷٪ فراوانی متعلق به باکتری‌های گرم مثبت کروی *Staphylococcus* sp. ، ۲۲/۸۲٪ متعلق به باکتری‌های خانواده *Enterobacteriaceae* sp. و حدود ۳٪ از کلنی‌های رشد کرده، *Pseudomonas* sp. تشخیص داده شده‌اند. در مورد فراوانی سویه‌های قارچی نیز مشخص شد که جنس *Aspergillus* با حدود ۴۴٪ فراوانی

گردوغبار غرب آفریقا، توانستند بین سویه‌های *Bacillus* sp. جدا شده، هاگ این باکتری را نیز تشخیص بدهند. در بین سایر جنس‌های باکتریایی جدا شده نیز گونه‌های بیماری‌زا و آلرژیک دیده می‌شود. به‌طور مثال هاگ *Actinomyces* sp. با فراوانی حدود ۳٪ درون نمونه گردوغبار، علاوه بر خاصیت آلرژیک مقادیر زیاد می‌توانند عفونت تنفسی نیز ایجاد کنند. این نوع عفونت‌ها در بین برخی کشاورزها دیده می‌شود. در بین سویه‌های *Corynebacterium* sp. با حدود ۴٪ فراوانی نیز گونه بیماری‌زای تنفسی *Corynebacterium diphtheria* ممکن است وجود داشته باشد. یکی دیگر از باکتری‌های جدا شده، باکتری‌های گرم مثبت و کروی جنس *Staphylococcus* sp. و *Micrococcus* sp. هستند. عمده تفاوت این‌ها در متابولیسم قند گلوکز در شرایط هوایی و بی‌هوایی است. فراوانی این دو جنس حدود ۲۳٪ محاسبه شد. در این بین *Staphylococcus aureus* به‌صورت فرصت‌طلبانه بیماری‌زا است. به‌ویژه عفونت‌های ناشی از نمونه‌های مقاوم این باکتری به آنتی‌بیوتیک‌ها می‌توانند بسیار خطرناک باشند. هاگ *Clostridium* sp. نیز با حدود ۳٪ فراوانی درون گردوغبار مشاهده شد. در این جنس بالقوه باکتری‌های خطرناکی وجود دارند، منتهی مسیر ایجاد عفونت توسط آنها کمتر از طریق هواویزهای هوایی صورت می‌گیرد. در پژوهش Valizadeh (2013) et al. با بررسی نمونه‌های گردوغبار مناطق غربی کشور، به‌خصوص شهرهای مرزی استان کرمانشاه توانسته‌اند فراوانی برخی باکتری‌ها و قارچ‌های قابل کشت موجود در گردوغبار را مشخص کنند. اما آنها فقط باکتری‌های *Bacillus* sp. را مورد شناسایی قرار داده‌اند. فراوانی سایر نمونه‌های باکتریایی، به‌صورت کلی و بر مبنای تفاوت‌های مورفولوژی و ساختار دیواره سلولی آنها گزارش شده است. در این تحقیق آنها از بین بیش از ۵۵۵ کلنی باکتریایی رشد کرده، حدود ۳۵۰ کلنی *Bacillus* sp. (۶۲٪)، ۱۱۰ کلنی گرم مثبت کروی (۲۰٪) و حدود ۸۰ کلنی

این شهر در سال ۲۰۰۹ در حدود ۱۱۶۵ نفر است. همچنین ۱۳٪ از میزان مرگ‌ومیرهای ناشی از بیماری‌های تنفسی در این سال به علت غلظت بالای ذرات PM10 بیشتر از مقدار $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ در هوا در شهر اهواز گزارش شده است. در پژوهشی مشابه توسط (2012) *Shahsavani et al.* میزان مرگ‌ومیر ناشی از غلظت بالای ذرات PM10 در هوای غباری و آلوده شهر اهواز طی ۷۲ روز، ۱۱۳۱ نفر در سال ۲۰۱۰ است. تحقیقات اپیدمیولوژیک نسبتاً کمی در رابطه با حوادث گردوغبار و تأثیرات بهداشتی آنها منتشر شده است. در حال حاضر دسترسی بیشتری به اطلاعات در مورد آوانی فراوانی رخداد گردوغبار، مسیر حرکت و مواد حاضر در ذرات با استفاده از داده‌های حسگرهای حمل‌شده توسط ماهواره امکان‌پذیر است، این امر بیانگر پتانسیل و اشتیاق بیشتری برای بررسی اثرات بهداشتی ذرات گردوغبار است. همچنین، فن‌های محیط کشت تنها مؤید حضور میکروارگانیسم‌ها در ذرات گردوغبار بوده و تنها درصد کمی از این میکروارگانیسم‌ها در محیط کشت قادر به رشد هستند؛ بنابراین بسیاری از باکتری‌ها و قارچ‌ها بی‌میل به محیط کشت انتخابی و همچنین تمام ویروس‌ها با این روش قابل‌شناسایی نیستند. در گام بعدی باید با استفاده از فن استخراج DNA مستقیم بقیه میکروارگانیسم‌های حاضر در ذرات گردوغبار را ارزیابی کرد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند در بررسی تأثیرات طوفان‌های گردوغبار عربی بر سلامت انسان و محیط‌زیست به‌کاربرده شود. با توجه به روند تغییرات سالیانه و فصلی پارامترهای هواشناسی می‌توان دریافت که منشأ احتمالی این ذرات در شهر اهواز، کشورهای همسایه در جنوب غرب ایران است. نرم‌افزار HYSPLIT نیز منشأ مهم ذرات طوفان‌های گردوغبار رخ داده را

بیشترین کلنی رشد کرده در محیط‌های اختصاصی است. *Aspergillus* یک قارچ فرصت‌طلب بوده و در افراد حساس می‌تواند باعث عفونت‌های تنفسی شود. در بررسی گردوغبار اهواز، (2013) *Soleimani et al.* در بیشترین منطقه آلوده (دانشگاه) قارچ *Aspergillus* را با حدود ۴۲٪ آلودگی فراوان‌ترین نمونه تشخیص داده‌اند. بعد از آن به ترتیب *Cladosporium* با حدود ۳۶٪ فراوانی، *Penicillium* ۱۳٪، *Rhizopus* حدود ۵٪ و در نهایت *Alternaria* حدود ۲٪ فراوانی جدا شدند. همچنین (2013) *Valizadeh et al.* با بررسی آلودگی نمونه‌های گردوغبار استان کرمانشاه، مشخص کردند، قارچ‌های *Alternaria* و *Penicillium* با حدود ۷۵٪ و ۳۸٪ فراوان‌ترین جنس‌های تشخیص داده‌شده هستند. در عراق (2011) *Moutaz et al.* نیز با روش‌های کلاسیک مبتنی بر کشت فقط دو نمونه قارچی جدا کرد. میزان فراوانی آنها نیز به ترتیب ۱۴/۵٪ و ۷/۷٪ برای *Aspergillus* و *Candida* است. در ترکیه نیز (2007) *Griffin et al.* قارچ *Alternaria* را با حدود ۵۵٪ فراوانی در ماه اکتبر تشخیص داده‌اند. از آنجایی که بررسی‌های میکروبی مؤید حضور جمعیت میکروبی چشم‌گیری در نمونه‌ها است که همین امر منجر به ایجاد مشکلاتی در قشر حساس جامعه از جمله افراد مسن، کودکان، زنان باردار و افراد با بیماری‌های خاص مانند دیابت، سرطان، آسم یا ناهنجاری‌های دستگاه تنفسی و سیستم ایمنی می‌شود. از آنجاکه میکروارگانیسم‌های شناسایی‌شده اغلب بیماری‌زا و حساسیت‌زا هستند، می‌توانند تأثیر بسزایی در سلامتی انسان داشته باشند. بررسی‌های (2016) *Goudarzi et al.* بیانگر میزان مرگ‌ومیر ناشی از قرار گرفتن در معرض ذرات PM10 در شهر اهواز در سال ۲۰۰۹ است. در این پژوهش نشان داده شده است که در حدود ۳٪ مرگ‌ومیرها و بیماری‌های تنفسی در شهر اهواز ناشی از غلظت بالای ذرات PM10 بیشتر از مقدار $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ در هوا است. تعداد کل مرگ‌ومیرهای ناشی از غلظت بالای ذرات PM10 در

ژنتیکی از نمونه‌های گردوغبار و توالی‌یابی آنها، تقریباً به‌طور کامل کلیه میکروارگانیسم‌های موجود در آنها را مشخص کرد.

سپاسگزاری

این مقاله حاصل بخشی از طرح پژوهشی با عنوان «مطالعه توزیع و شکل اندازه ذرات گردوغبار ته‌نشین شده در شهرستان مسجدسلیمان و بررسی ترکیبات شیمیایی حاضر در آن و تأثیر آن بر سلامت انسان» در سال ۱۳۹۴ است که با حمایت مالی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مسجدسلیمان اجرا شده است.

پی‌نوشت‌ها

¹ Quick take 30 equipped with a single-stage sampler

² Mueller – Hinton Agar

³ Blood Agar

⁴ Sabouraud Dextrose Agar

⁵ Pour Plate

⁶ Spread Plate

⁷ Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory

⁸ Final analysis data

⁹ National centers for Environmental protection

¹⁰ National oceanic and atmospheric administration

مناطق شمال غرب کشور عراق و شرق کشور سوریه نشان داده است. با توجه به نتایج این پژوهش میکروارگانیسم‌های غالب در روزهای عادی *Bacillus* sp. (۳۹٪) و *Aspergillus* (۳۲٪) هستند، به‌طوری‌که در روزهای غباری غلظت این میکروارگانیسم‌های غالب افزایش می‌یابد (*Bacillus* sp. (۴۵٪) و *Aspergillus* (۴۴٪)). تطابق مابین غلظت ذرات PM10 و جمعیت میکروبی نیز مشاهده شده است، به‌طوری‌که هرگونه افزایش در غلظت ذرات PM10 حاضر در هوا در تطابق با افزایش غلظت باکتریایی و قارچی بوده است. غلظت باکتریایی در شهر اهواز به دلیل طوفان‌های غباری در روزهای غباری ۵ برابر و غلظت قارچی نیز در روزهای غباری ۱/۷ برابر روزهای عادی افزایش یافته است. با توجه به این‌که در این تحقیق از روش‌های کلاسیک مبتنی بر کشت استفاده شده، امکان دارد که بسیاری از گونه‌های قارچی و حتی باکتریایی قابل جداسازی و شناسایی نباشند؛ بنابراین می‌توان با بهره‌گیری از روش‌های متاژنومیک و غیر مبتنی بر کشت و با استخراج ماده

منابع

Abdelhameed, A.A., Khoder, M.I., Yuosra, S., Osman, A.M. and Ghanem, S., 2009. Diurnal distribution of airborne bacteria and fungi in the atmosphere of Helwan area, Egypt. *Science of the Total Environment*. 407, 6217–6222.

Abdovis, M., Bahrami, H., Darvishi, A., 2012. Correlation between climatic parameters with the occurrence of dust storms in Khuzestan province. In proceeding 1st International Congress dealing with the phenomenon of dust and its harmful effects, 15th – 17th February, Ahvaz). (In Persian).

Ataee, H., Ahmadi, F., 2011. Dust as one of the environmental problems of the Islamic world, case study: Khuzestan. In proceedings 4th International Congress of the Islamic World Geographers, 14th-

16th April, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran. (In Persian).

Bovallius, Å., Roffey, R. and Henningson, E., 1980. Long-Range transmission of bacteria. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 353(1), 186-200.

Broomandi, P. and Bakhtiarpoor, A., 2016. Dust source identification using physical- chemical characterization and numerical modeling over Masjed Soleyman. *Iranian Journal of Health and Environment*. (Accepted for publication).

Christina, A., Kellogg, D.W., Griffin, V.H., Garrison, K., Smith, R.R. and Shinn, E.A., 2004. Characterization of aerosolized bacteria and fungi from desert dust events in Mali, West Africa.

- Aerobiologia. 20, 99–110.
- Draxler, R.R. and Hess, G., 1998. An overview of the HYSPLIT_4 modelling system for trajectories. Australian Meteorological Magazine. 47(4), 295-308.
- Givehchi, R., Arhami, M. and Tajrishy, M., 2013. Contribution of the middle eastern dust source areas to PM10 levels in urban receptors.: case study of Tehran, Iran. Atmospheric Environment. 75, 287-95.
- Goudarzi, G.H., Geravandi, S., Mohammadi, M.J., Vosoughi, M., Ahmadi Angali, K., Zallaghi, E., Neisi, A.K., Saedimehr, S. and Mohammadi, B., 2015. Total number of deaths and respiratory mortality attributed to particulate matter (PM10) in Ahvaz, Iran during 2009. International Journal of Environmental Health Engineering. 4 (1), 33.
- Griffin, D.W., 2007. Atmospheric movement of microorganisms in clouds of desert dust and implications for human health. Clin Microbiol Rev. 20(3), 459-77.
- Hara, K. and Zhang, D., 2012. Bacterial abundance and viability in long-range transported dust. Atmos. Environ. 47, 20-25.
- IR.DOE.data., 2016. Ahvaz Air Pollution Stations Data sets. Tehran, Iran: Department of Environment.
- Jeon, E.M., Kim, H.J., Jung, K., Kim, J.H., Kim, M.Y. and Kim, Y.P., 2011. Impact of Asian dust events on airborne bacterial community assessed by molecular analyses. Atmos Environ. 45(25), 4313-4321.
- Kellogg, C.A. and Griffin, D.W., 2006. Aerobiology and the global transport of desert dust, Review. Trends in Ecology and Evolution. 21, 638–644.
- Khatun, L. and Surrey, B., 2013. Fungi and bacteria concentrations in PM10 dust particles in City-West Iran. Third National Conference of natural resources with a focus on environmental Iran. Kurdistan University.
- Khodarahmi, F., Goudarzi F., Hashemi A. and Bkhtyarvnd N., 2012. Relationship with the environment Actioiomycetes growth potential in normal conditions, and dust weather in Ahvaz during different seasons. Sixteenth National Conference on Environmental Health, Tabriz. Tabriz University of Medical Sciences, School of Public Health.
- Kim, K.Y., Kim, H.T., Kim, D., Nakajima, J. and Higuchi, T., 2009. Distribution characteristics of airborne bacteria and fungi in the feedstuff-manufacturing factories. Journal of Hazardous Materials. 169, 1054–106.
- Lacey, M.E. and West, J.S., 2007. The air spora: a manual for catching and identifying airborne biological particles. Springer.
- Maki, T., Susuki, S., Kobayashi, F., Kakikawa, M., Tobo, Y. and Yamada, M., 2010. Phylogenetic analysis ofatmospheric halotolerant bacterial communities at high altitude in an Asian dust (KOSA) arrival region,Suzu City. Sci. Total Environ. 408(20), 4556-4562.
- Mehrabi, S., Soltani, S. and Jafari, R., 2015. The relationship between climatic parameters and the occurrence of dust (Case study:Khozestan province of Iran) . Journal of water and soil science. 19(71), 69-81 (In Persian).
- Moutaz, A.D., Abbas, M. and Khafaji, R.A., 2011. The Mineralogical and Micro-Organisms Effects of Regional Dust Storms over Middle East Region. International Journal of Water Resources and Arid Environments. 1(2), 129-141.

Nastagdari, L., Jugder, D. and Schung, Y., 2003. Analysis of dust storms observed. Mongolia during 1937-1999. *Atmos. Environ.* 37, 1401- 1411.

Nourmoradi, H., Moradnejadi, K., Mohammadi Moghadam, F., Khosravi, B., Hemati, L., Khoshniyat, R. and Kazembeigi, F., 2015. The effect of dust storm on the microbial quality of ambient air in Sanandaj: a city located in the west of Iran. *Global Journal of Health Science.* 7(7), 114- 119.

Prospero, J.M., Blades, E., Mathison, G. and Naidu, R. 2005. Interhemispheric transport of viable fungi and bacteria from Africa to the Caribbean with soil dust. *Aerobiologia.* 21(1), 1- 19.

Sandstrom, T. and Forsberg, B., 2008. Desert dust an unrecognized source of dangerous air pollution? *Epidemiology.* 19(6), 808-809.

Shahsavani, A., Naddafi, K., Jafarzade Haghifard, N., Mesdaghinia, A., Yunesian, M., Nabizadeh, R. and Goudarzib, G., 2012. The

evaluation of PM10, PM2.5 and PM1 concentrations during the Middle Eastern dust (MED) events in Ahvaz, Iran, from april through september 2010. *J. Arid. Environ.* 77, 72-83.

Soleimani, Z., Goudarzi, Gh., Naddafi, K., Sadeghinejad, B., Latifi, S.M., Parhizgari, N., Alavi, N., Babaei, A.A., Akhoond, M.R., Khaefi, M., Dehdari Rad, H., Mohammadi, M.J. and Shahsavani, A., 2012. Determination of culturable indoor airborne fungi during normal and dust event days in Ahvaz, Iran. *Aerobiologia.* 29,279-290.

Valizadeh, Sh., Sadghifard, N. and Nadri, Sh., 2013. Microbial contamination in dust of western regions (boundary) of Kermanshah. The first national conference on environmental pollution and its control methods, Islamic Azad University, Sanandaj Branch.





The effect of dust storm on the microbial quality of ambient air in ahvaz city and dust source identification using numerical modeling

Parya Broomandi^{1*} and Yousef Rashidi²

¹ Department of Chemical Engineering, Islamic Azad University, Masjed-Soleiman Branch, Masjed-Soleiman, Iran

² Environmental Technology Department, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Received: 2017.05.20

Accepted: 2018.02.12

Broomandi, P. and Rashidi, Y., 2018. The effect of dust storm on the microbial quality of ambient air in ahvaz city and dust source identification using numerical modeling. *Environmental Sciences*. 16 (2), 49-64.

Introduction: Airborne particles are considered to be an important indicator of air quality and high concentrations of these particles cause many health problems. Around the world, it is impossible to avoid contact with bio-aerosol contamination in urban life. The presence of pathogenic microorganisms in dust storms can cause diseases such as pneumonia, asthma, and other respiratory infections. The aim of this study was to investigate the relationship between airborne particles with airborne microorganisms in normal and dusty days.

Materials and methods: The sampling method was quick take 30 equipped with a single-stage sampler at the elevation of 1.5 to 2 meters above the ground. Air flow was 14.3 L/min and its duration was 5 min. The original samples were diluted several times (10^{-5} - 10^{-4}) to reduce the microbial population sufficiently to obtain separate colonies upon plating. All cultures were incubated at environmental temperature (25 ± 2 °C) for 3 to 5 days and repeated twice. Any increase in PM10 concentrations were in agreement with an increase of bacterial and fungal concentrations during dusty days in Ahvaz city during the warm period (April to September) in 2011.

Results and discussion: The concentration of particles in June, July and August was greater than the standard value. The results of the present study illustrated that the average number of bacteria and fungi, respectively, in dusty days was 5 and 1.7 times that of normal days. Also, the predominant species of bacteria and fungi during the occurrence of dust storms were *Bacillus sp.* (45% of total bacteria) and *Aspergillus sp.* (44% of total fungi), respectively. Therefore, any increase in the number of airborne microorganisms (bacteria and fungi) during dust storms can cause biologically harmful effects on human health.

Conclusion: Based on the annual and seasonal changes in meteorological parameters and HYSPLIT, it can be seen that the probable origin of airborne particles are neighbouring countries to southwestern Iran, especially the northwestern parts of Iraq and the eastern parts of Syria.

Keywords: Air pollution, Dust storms, PM10 particles, Bacterial, Fungi.

*Corresponding Author. *E-mail Address:* pbroomandi@iaumis.ac.ir