

Investigating the Distribution of Fungal Species Concentration Associated with Dust Storms in Ilam, Iran: A Case Study

Sajad Mazloomi¹,
Ahmad Jonidi Jafari²,
Iraj Pakzad³,
Ali Amarloe^{1,4}

¹ Assistant Professor, Department of Environmental Health, Ilam University of Medical Sciences, Ilam, Iran

² Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

³ Department of Medical Microbiology, Ilam university of Medical Sciences, Iran

⁴ PhD Student in Environmental Health Engineering, School of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

(Received August 23, 2016; Accepted October 9, 2016)

Abstract

Background and purpose: Dust storms can transfer particulate pollutants to long distances, and in some cases, to thousands of kilometers from their source. These dust storms can carry very large volumes of bioaerosols such as fungal species which are the causes of respiratory infections and allergies. The aim of this study was to determine the impact of dust storms on transmission of fungal species in atmospheric air of Ilam, Iran.

Materials and methods: For the purpose of study, the concentration of suspended particles in the air of Ilam was measured during normal and dusty days for one year using the standard protocols.

Results: As the results indicated, the northern deserts of Iraq are responsible for most of the dust storms in Ilam. The higher number of dust storms during the warm season increased the average concentration of these particles within the first six months of the year. The PM_{2.5}/PM₁₀ ratios of the ordinary and dusty days were 0.248 and 0.191, respectively, indicating natural origins of dust particles. Results of Mann-Whitney non-parametric test demonstrated a significant difference between the dusty and ordinary days regarding the fungal colonies ($P < 0.05$). Accordingly, with increase in concentrations of PM₁₀ and PM_{2.5}, the density of airborne fungal colonies rose. According to the Kruskal-Wallis test, the concentrations of fungal colonies were significantly different during different months and seasons of the year ($P < 0.05$). In the present study, the most common fungal species were *Cladosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, and *Alternaria*.

Conclusion: The findings of the current study revealed that the ambient concentration of fungal species is affected by dust concentration as the concentration of fungal species on dusty days was higher than normal days.

Keywords: air pollution, dust storm, fungal species, particulate matter

توزیع غلظت گونه‌های قارچی در هوای محیطی ناشی از طوفان‌های گردوغباری غرب ایران (مطالعه موردی: شهر ایلام)

سجاد مظلومی^۱
احمد جنیدی جعفری^۲
ایرج پاکزاد^۳
علی عمارلوئی^{۴،*}

چکیده

سابقه و هدف: طوفان‌های گردوغبار می‌توانند آلاینده‌های ذره‌ای را به فاصله‌های بسیار دور و در بعضی از موارد به هزاران کیلومتر دورتر از منبع تولید انتقال دهند. این طوفان‌ها می‌توانند حجم بسیار زیادی بیوآئروسول از جمله گونه‌های قارچی عامل عفونت‌های تنفسی و آلرژیک را به همراه خود داشته باشند. هدف از این مطالعه، تعیین تأثیر طوفان‌های گردوغباری در انتقال انواع گونه‌های قارچی در هوای اتمسفری شهر ایلام است.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه، غلظت ذرات معلق در طی روزهای عادی و روزهای گردوغباری هوای شهر ایلام به مدت یک سال و براساس دستورالعمل‌های استاندارد انجام شد.

یافته‌ها: بیشترین منبع توده‌های گردوغباری ورودی به شهر ایلام ناشی از بیابان‌های شمال عراق بود. تعداد بیشتر طوفان‌های گردوغباری در طی فصل گرم، سبب افزایش متوسط غلظت ذرات در این نیم‌سال شد. با توجه به نسبت $PM_{2.5}/PM_{10}$ برابر با ۰/۲۴۸ و ۰/۱۹۱ در روزهای عادی و گردوغباری این مطالعه، طبیعی بودن منشأ ذرات گردوغبار هوای اتمسفری تأیید شد. نتایج به‌دست آمده از آزمون ناپارامتری Mann-Whitney، معنی‌دار بودن تفاوت تعداد کلنی قارچ‌ها در روزهای عادی و گردوغبار را تأیید کرد ($P < 0/05$)؛ به‌طوری‌که با افزایش غلظت ذرات PM_{10} و $PM_{2.5}$ ، تراکم کلنی قارچ‌های موجود در هوا افزایش یافت. براساس آزمون Kruskal-Wallis، غلظت کل کلنی قارچ در ماه‌ها و فصل‌های مختلف، اختلاف معنی‌داری داشتند ($P < 0/05$). در این مطالعه، شایع‌ترین گونه‌های قارچ شناسایی شده به ترتیب کلاوسپوریوم (*Cladosporium*)، پنی‌سیلیوم (*Penicillium*)، آسپرژیلوس (*Aspergillus*) و آلترناریا (*Alternaria*) گزارش شدند.

استنتاج: نتایج مطالعه نشان داد که غلظت گونه‌های قارچی در هوای محیطی، تحت تأثیر غلظت گردوغبار است؛ به‌طوری‌که غلظت گونه‌های قارچی در طول روزهای گردوغباری بیشتر از دیگر روزها بود.

واژه‌های کلیدی: آلودگی هوا، ذرات معلق، طوفان گردوغبار، گونه‌های قارچی

مقدمه

براساس مطالعات انجام‌شده، بین آلودگی هوا و مرگ‌ومیر روزانه ارتباط مستقیمی وجود دارد (۱)؛ سازمان بهداشت جهانی (World Organization Health: WHO) ذرات

Email: amarloei@yahoo.com

مؤلف مسئول: علی عمارلوئی - ایلام، دانشگاه علوم پزشکی ایلام، دانشکده بهداشت، گروه مهندسی بهداشت محیط

۱. استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایلام، ایلام، ایران

۲. استاد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

۳. گروه میکروبیولوژی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ایلام، ایلام، ایران

۴. دانشجوی دکتر، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

* تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۶/۲ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۱۳۹۵/۶/۲۸ تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۷/۱۸

شرایط جوی، شرایط توپوگرافی منطقه و پایداری خود بیوآئروسول‌ها بر بقای آئروسول‌ها در هوای محیطی تأثیر دارند (۱۰،۹). براساس مطالعات انجام‌شده، ارتباط مستقیمی بین میزان بیوآئروسول‌ها (باکتری‌ها و قارچ‌ها) و تأثیرات نامطلوب آن‌ها بر سلامت افراد وجود دارد؛ به طوری که تعدادی از باکتری‌ها و قارچ‌ها می‌توانند سبب ایجاد بیماری‌های عفونی شوند (۱۲،۱۱).

قارچ‌ها سبب ایجاد آلرژی و آسم نیز می‌شوند. برخی از قارچ‌ها که منشأ خاکی دارند، برای ریه‌ها تحریک‌آمیز هستند. در برخی از گزارش‌ها به ارتباط بین قارچ‌ها و بیماری‌های عفونی نیز اشاره شده است؛ به طوری که حتی می‌توانند مشکلات تنفسی و نیز عصبی را در پی داشته باشند (۱۴،۱۳). ایلام یکی از شهرهای غربی متأثر از آلاینده‌های ذره‌ای هوا ناشی از طوفان‌های گردوغبار است (تصویر شماره ۱). در مطالعات انجام‌شده بر روی ذرات معلق ناشی از طوفان‌های گردوغبار مناطق غرب ایران، بیشتر به تعیین مشخصات و وضعیت ذرات معلق پرداخته شده است؛ بنابراین، هدف از این مطالعه تعیین مقدار و نوع گونه‌های قارچی و همچنین مقدار ذرات PM_{10} و $PM_{2.5}$ در هوای تنفسی، هنگام طوفان‌های گردوغبار شهر ایلام و مقایسه آن با روزهای عادی می‌باشد.

گردوغبار را به‌عنوان یکی از آلاینده‌های هوا که نرخ سرطان‌ها، بیماری‌های قلبی-عروقی و ریوی را افزایش می‌دهد، نام برده است. یکی از مهم‌ترین منابع ذرات معلق هوا، طوفان‌های گردوغبار (Dust Storm) هستند که در سال‌های اخیر، بسیاری از مناطق ایران به‌ویژه مناطق غرب و جنوب غرب را با مشکل مواجه ساخته است (۴-۲). ناحیه غربی ایران، یکی از این مناطق است که از سال ۲۰۰۵ به بعد، این پدیده در آن شدت یافته است (۵). این طوفان‌های گردوغبار، افزون‌بر اینکه اثر سوء بر سلامت افراد جامعه دارند، می‌توانند تأثیر به‌سزایی بر کیفیت زندگی ساکنان، سامانه‌های حمل‌ونقل، اکوسیستم، دستگاه‌های ارتباطی و درنهایت، بحران‌هایی از قبیل مشکلات زیست‌محیطی و اقتصادی-اجتماعی داشته باشند (۶). به همین منظور طوفان‌های گردوغبار در مدیریت کیفیت هوا اهمیت بسیاری دارند؛ زیرا ذرات معلق آن می‌توانند با حفظ ماهیت خود فاصله‌های طولانی را طی کنند؛ هرچند که زمان ماند ذرات معلق در اتمسفر به پارامترهایی از قبیل: اندازه ذرات، شرایط منطقه‌ای، سرعت باد، مدت‌زمان وزش باد، بارش باران، ارتفاع و امتداد رشته‌کوه‌ها بستگی دارد (۶). طوفان‌های گردوغبار می‌توانند حاوی انواعی از بیوآئروسول‌ها باشند. قارچ‌ها و اسپورهای قارچی از جمله این بیوآئروسول‌ها هستند (۷،۸).



تصویر شماره ۱: موقعیت جغرافیایی شهر ایلام

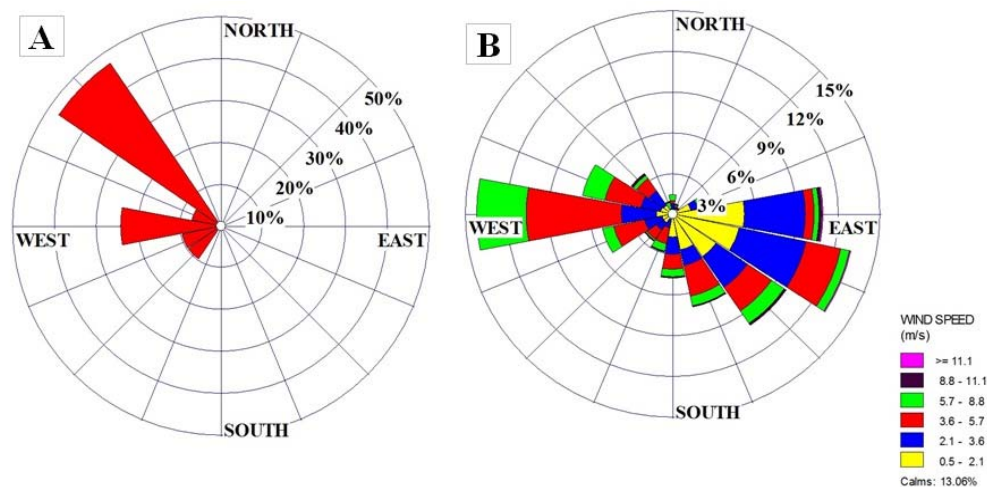
مواد و روش‌ها

با بررسی سوابق طوفان‌های گردوغبار ورودی به شهر ایلام در سال‌های اخیر که غالباً نشان‌دهنده وقوع این پدیده از اوایل اسفندماه هر سال است، سنجش غلظت ذرات معلق و جمع‌آوری اطلاعات در این مطالعه از ابتدای اسفند سال ۱۳۹۱ به مدت یک سال تا آخر بهمن ۱۳۹۲ در هوای شهر ایلام انجام شد (تصویر شماره ۱). انتخاب محل نمونه‌برداری برای سنجش غلظت ذرات معلق هوا و بیوآئروسول‌ها، با رعایت تمام ضوابط و استانداردهای موجود صورت پذیرفت؛ به طوری که نمونه‌برداری در پشت‌بام یک ساختمان، در ارتفاع ۷ متری از سطح زمین و ارتفاع ۱/۴ متری از سطح پشت‌بام انجام شد (۴). در تصویر شماره ۱ موقعیت جغرافیایی شهر ایلام مشاهده می‌شود.

نمونه‌برداری ذرات PM_{10} و $PM_{2.5}$ به وسیله سیستم لیزری Enviro check و با استفاده از دستگاه پرتابل Dust Monitor Check (Grimm) مدل ۱/۱۰۸ ساخت کشور آلمان صورت گرفت. براساس استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (Environmental Protection Agency: EPA)، نمونه‌برداری در هر ماه و با فاصله زمانی ۶ روز انجام شد (۱۶،۱۵). برای نمونه‌برداری در روزهای همراه با گردوغبار، با توجه به اطلاعات سازمان هواشناسی و پیش‌بینی این سازمان و همچنین پایگاه‌های ماهواره‌ای، نمونه‌برداری با ورود پدیده گردوغبار به غرب کشور تا پایان حضور این پدیده انجام شد. با احتساب موارد فوق در ۱۰۷ روز، سنجش ذرات PM_{10} و $PM_{2.5}$ صورت گرفت. برای پایش مقدار بیوآئروسول‌های قارچی هوا، از دستگاه نمونه‌برداری Quick Take ساخت شرکت SKC کشور انگلیس استفاده شد. دبی این دستگاه نمونه‌برداری به وسیله روتامتر در مقدار $28/3 \text{ l/min}$ تنظیم گردید. حجم نمونه برداشت شده به دانسیته ذرات بستگی داشت؛ به طوری که مدت‌زمان نمونه‌برداری بین ۱۵-۲ دقیقه متغیر بود.

نمونه‌برداری میکروبی هوا در روزهای عادی به صورت دوره‌ای (۶ روز یک‌بار) و در روزهای گردوغباری ($PM_{10} \geq 150 \mu\text{g/m}^3$) با توجه به ساعات ورود توده گردوغبار جدید (تعداد ۲۰ نمونه) صورت گرفت. در مجموع، ۸۰ نمونه مربوط به بررسی قارچ‌های موجود در هوا مطالعه و تجزیه و تحلیل شدند. از محیط کشت پوتیتو دکستروز آگار (Potato Dextrose Agar: PDA) برای شمارش تعداد کلنی قارچ‌ها استفاده گردید. به منظور جلوگیری رشد باکتری‌ها، آنتی‌بیوتیک کلرامفنیکل با غلظت 250 mg/l به محیط کشت قارچ‌ها افزوده شد. پس از نمونه‌برداری، پلیت‌های حاوی نمونه‌های کشت شده به سرعت به آزمایشگاه منتقل و در انکوباتور با دمای 27°C - 25°C درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند (۱۶،۶). سپس از هر نوع کلنی رشد کرده بر روی محیط کشت پوتیتو دکستروز آگار، بر روی محیط کشت ساپورو دکستروز آگار (Sabouraud Dextrose Agar: SDA) ساخت شرکت Merck (کشور آلمان)، اسلاید کالچر (Slide Culture) تهیه گردید و به مدت ۷-۵ روز در دمای 27°C - 25°C درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از این مدت، از کلنی‌های رشد کرده، لام تهیه شد و با رنگ لاکتوفنل کتن بلو رنگ‌آمیزی گردید. سپس با استفاده از میکروسکوپ و مقایسه شکل‌های دیده شده در زیر میکروسکوپ با اطلس‌ها و کتاب‌های قارچ‌شناسی، جنس قارچ‌ها مورد شناسایی قرار گرفتند (۱۷،۷).

تمام اطلاعات هواشناسی مربوط به سرعت و جهت باد، به صورت سنجش‌های یک‌ساعته با هماهنگی اداره هواشناسی استان ایلام به دست آمد. در تصویر شماره ۲ ب گلباد سرعت و جهت بادهای وزیده شده در بازه زمانی نمونه‌برداری‌ها آمده است. برای تعیین زمان بروز و مسیرهای طوفان‌های گردوغبار منطقه در طول دوره مطالعه، به وسیله سایت ماهواره‌ای EUMETSAT رصد و



تصویر شماره ۲: مسیر توده‌های گردوغبار ورودی به شهر ایلام (A)، گلباد جهت و کلاس سرعت بادهای وزیده شده (B)

حد فاصله زاویه ۳۰۳-۲۸۱ وارد شهر ایلام شده‌اند (تصویر شماره ۲A).

روزانه ۲۴ فریم عکس جمع‌آوری و پیگیری گردید. در ادامه، با ره‌گیری و تطبیق مسیر حرکت توده‌های گردوغبار بر روی نقشه، مسیر ورود این توده‌ها به ایلام مشخص شد (۱۸).

یافته‌ها

در جدول‌های شماره ۱ و ۲، نتایج مربوط به نمونه‌برداری غلظت ذرات PM_{10} و $PM_{2.5}$ در طی روزهای عادی و همچنین طوفان‌های گردوغبار در بازه یک سال مطالعه آمده است. همان‌طور که، داده‌های جدول شماره ۱ نشان می‌دهد، در ۶ ماهه اول سال متوسط غلظت ذرات بیشتر از ۶ ماه دوم سال می‌باشد.

نتایج نشان می‌دهند که مسیر ورودی از ۸۳ توده گردوغبار به شهر ایلام، ۳۹ توده (۴۷ درصد) در حد فاصله زاویه جهت ۳۰۳-۲۲۶، ۲۰ توده (۲۴/۱ درصد) در حد فاصله زاویه ۲۸۱-۲۵۸، ۸ توده (۹/۶۴ درصد) در حد فاصله زاویه ۲۳۶-۲۱۳، ۸ توده (۹/۶۴ درصد) در حد فاصله زاویه ۲۵۸-۲۳۶ و ۷ توده (۷/۲۳ درصد) در

جدول شماره ۱: نتایج آماری مقادیر غلظت‌های $PM_{2.5}$ و PM_{10} اندازه‌گیری شده دوره‌ای (۶ روز یک‌بار) بر حسب $\mu g/m^3$

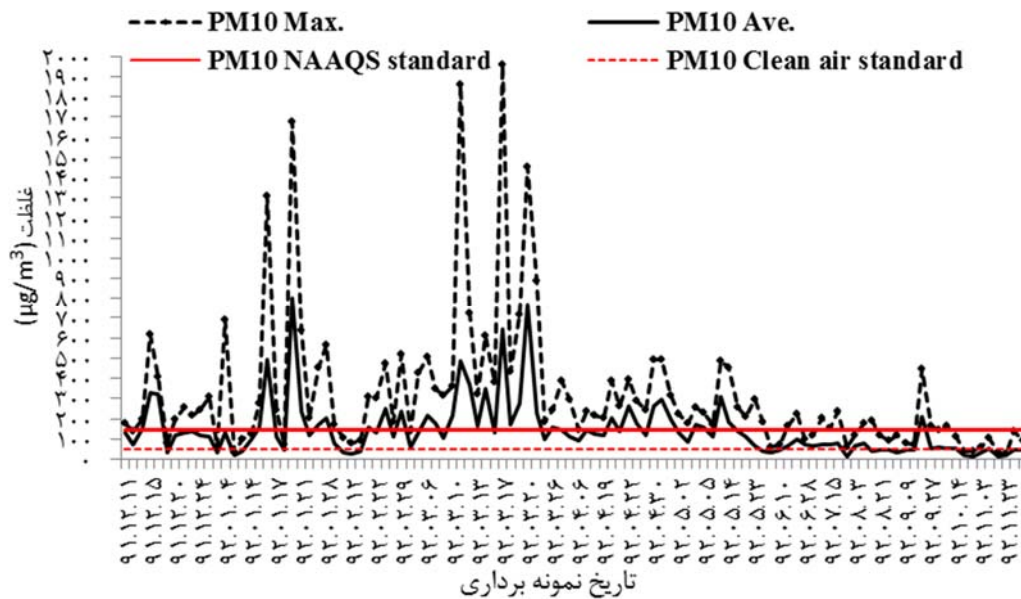
ماه‌ها	تعداد روزهای نمونه‌برداری		میانگین		حداکثر		حداقل		انحراف معیار
	$PM_{2.5}$	PM_{10}	$PM_{2.5}$	PM_{10}	$PM_{2.5}$	PM_{10}	$PM_{2.5}$	PM_{10}	
اسفند	۴	۶۳/۵	۱۴/۵	۱۱۹/۹	۲۵/۱	۱۱۹/۹	۳۰/۱	۶/۷	۸/۸
فروردین	۵	۶۰/۰	۱۵/۳	۱۲۰/۵	۳۴/۹	۱۲۰/۵	۱۹/۴	۴/۲	۱۱/۸
اردیبهشت	۴	۵۲/۷	۱۴/۰	۱۱۱/۰	۲۳/۲	۱۱۱/۰	۲۴/۵	۷/۲	۷/۹
خرداد	۶	۱۴۷/۸	۲۵/۳	۲۷۷/۶	۴۵/۷	۲۷۷/۶	۶۰/۳	۱۴/۰	۱۱/۹
تیر	۵	۱۴۸/۳	۲۹/۷	۲۶۳/۴	۵۱/۹	۲۶۳/۴	۹۲/۲	۱۶/۳	۱۳/۴
مرداد	۵	۱۰۰/۷	۱۸/۹	۱۶۹/۱	۳۳/۳	۱۶۹/۱	۴۱/۸	۱۰/۴	۹/۰
شهریور	۵	۶۲/۹	۱۱/۵	۱۰۰/۹	۱۴/۹	۱۰۰/۹	۳۱/۹	۷/۵	۳/۰
مهر	۵	۵۹/۶	۱۰/۲	۷۶/۲	۱۲/۷	۷۶/۲	۱۰/۶	۲/۴	۴/۴
آبان	۵	۵۶/۶	۱۶/۷	۸۰/۰	۲۰/۸	۸۰/۰	۴۲/۰	۱۱/۳	۴/۱
آذر	۵	۷۶/۶	۲۱/۲	۲۰۷/۲	۵۰/۳	۲۰۷/۲	۳۳/۷	۸/۶	۱۶/۹
دی	۵	۳۹/۸	۱۱/۵	۵۷/۹	۱۵/۹	۵۷/۹	۱۲/۲	۵/۰	۴/۱
بهمن	۵	۳۲/۱	۱۲/۵	۵۱/۲	۲۱/۶	۵۱/۲	۱۴/۵	۴/۸	۸/۲
دوره مطالعه	۵۹	۷۶/۹	۱۷/۰	۲۷۷/۶	۵۱/۹	۲۷۷/۶	۱۰/۶	۲/۴	۱۰/۵

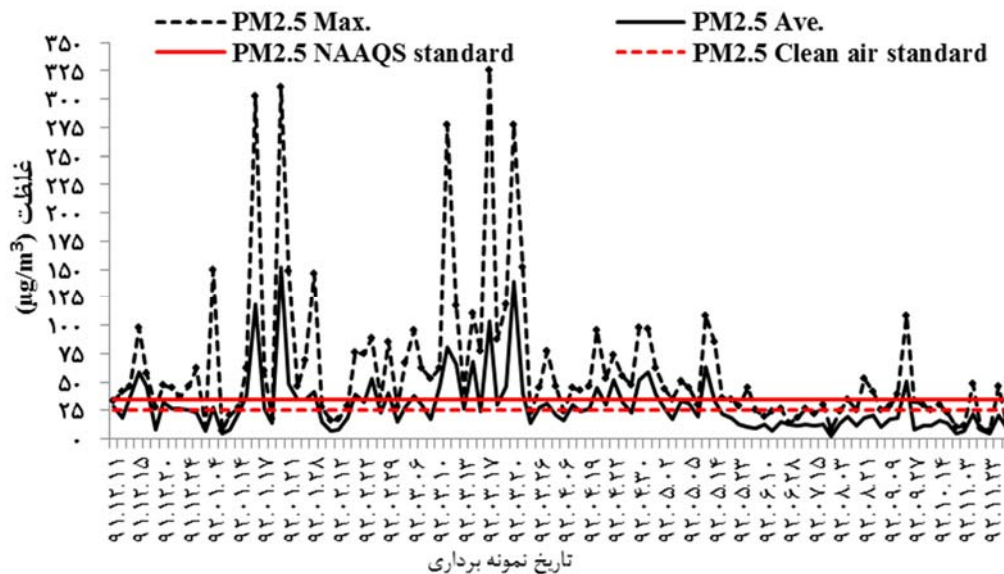
جدول شماره ۲: نتایج آماری مقادیر غلظت‌های ماهانه PM₁₀ و PM_{2.5} (µg/m³) اندازه‌گیری شده در روزهای گردوغباری

ماه	تعداد روزهای گردوغباری	میانگین		حداکثر		حداقل		انحراف معیار	
		PM _{2.5}	PM ₁₀	PM _{2.5}	PM ₁₀	PM _{2.5}	PM ₁₀	PM _{2.5}	PM ₁₀
اسفند	۲	۵۲/۱	۳۲۵	۵۸/۳	۳۲۱/۲	۴۵/۹	۳۲۱/۲	۵۲/۱	۳۲۵
فروردین	۶	۷۲/۳	۳۴۳/۹	۱۵۱/۴	۱۶۰/۹	۳۵/۱	۱۶۰/۹	۴۹/۷	۲۵۵/۷
اردیبهشت	۳	۴۴/۱	۲۱۴/۸	۵۳/۱	۱۵۷/۵	۳۸/۷	۱۵۷/۵	۷/۸	۵۰/۳
خرداد	۱۳	۵۷	۳۲۴/۶	۷۶۸/۶	۱۳۹/۵	۲۶/۹	۱۵۸/۱	۳۴/۰	۱۹۵/۷
تیر	۵	۴۸	۲۴۰/۸	۲۹۹	۱۷۶/۹	۳۱/۹	۱۷۶/۹	۱۰/۲	۴۹/۹
مرداد	۵	۴۰/۳	۲۰۳/۹	۶۳/۹	۱۶۰/۶	۳۱/۷	۱۶۰/۶	۱۳/۵	۵۹/۲
شهریور	۰	-	-	-	-	-	-	-	-
مهر	۰	-	-	-	-	-	-	-	-
آبان	۰	-	-	-	-	-	-	-	-
آذر	۱	۵۰/۳	۲۰۷/۲	۵۰/۳	۲۰۷/۲	۵۰/۳	۲۰۷/۲	-	-
دی	۰	-	-	-	-	-	-	-	-
بهمن	۰	-	-	-	-	-	-	-	-
دوره مطالعه	۳۵	۵۴/۴	۲۸۶	۱۵۱/۴	۱۵۷/۵	۲۶/۹	۱۵۷/۵	۳۰/۳	۱۶۴/۸

طوفان‌های گردوغبار در محدوده مطالعه دیده شده است (غلظت $PM_{10} \geq 150 \mu g/m^3$) (جدول شماره ۲). در تصویرهای شماره ۳ و ۴، روند تغییرات میانگین و حداکثر غلظت ذرات PM₁₀ و PM_{2.5} اندازه‌گیری شده (مجموع ۱۰۷ نمونه) در طول دوره نمونه‌برداری و مقایسه آن با استانداردهای هوای آزاد (NAAQS) (National Ambient Air Quality Standard) و هوای پاک EPA به‌طور جداگانه آمده است.

برای تعیین منابع اصلی گردوغبار، وضعیت تشکیل و مسیر توده‌های گردوغبار در منطقه، از سایت ماهواره‌ای EUMETSAT استفاده گردید. براساس داده‌های به‌دست آمده از خروجی این سایت، تعداد ۸۳ توده گردوغبار در طول دوره مطالعه رصد شد که مسیر حرکت آن‌ها به سمت ایران بود. نتایج اندازه‌گیری غلظت ذرات در ۱۲ ماه مطالعه، نشان داد که در شهر ایلام تنها تعداد ۳۵ روز توده‌های گردوغبار ناشی از

تصویر شماره ۳: روند تغییرات میانگین و حداکثر غلظت ذرات PM₁₀ در طول دوره نمونه‌برداری



تصویر شماره ۴: روند تغییرات میانگین و حداکثر غلظت ذرات PM_{2.5} در طول دوره نمونه برداری

گزارش شد.

در نمونه برداری هوای تنفسی، به بررسی جنس‌های غالب مشاهده شده پس از آنکوباسیون نمونه‌های کشت شده پرداخت شد. در جدول شماره ۴، جنس‌های غالب قارچی در هوای تنفسی شهر ایلام در طی دوره‌های نمونه برداری روزهای عادی و گردوغباری آمده است.

در همه نمونه برداری‌ها انواعی از جنس‌های گوناگون قارچی شناسایی شدند. هرچند که تنوع گونه‌ای و تعداد

در جدول شماره ۳، نتایج آماری مربوط به تعداد کلنی قارچ‌ها در هوای شهر ایلام در طول سنجش‌های دوره‌ای روزهای عادی (۶ روز یک‌بار) و گردوغباری، به تفکیک ماه‌های مختلف سال به ترتیب آمده است. در این مطالعه، بیشترین میانگین تعداد کلنی قارچ‌ها در ماه‌های خرداد و اردیبهشت و به ترتیب برابر $225/27$ CFU/m³ و $191/92$ CFU/m³ و همچنین، بیشترین میانگین تعداد کلنی در روزهای گردوغباری مربوط به ماه فروردین و برابر با $654/89$ CFU/m³

جدول شماره ۳: میانگین ماهانه تعداد کلنی قارچ‌های هوای شهر ایلام در طول دوره مطالعه

ماه	تعداد کلنی در روزهای عادی (CFU/m ³)				تعداد کلنی در روزهای گردوغباری (CFU/m ³)					
	تعداد نمونه	میانگین	حداکثر	حداقل	انحراف معیار	تعداد نمونه	میانگین	حداکثر	حداقل	انحراف معیار
اسفند	۶	۶۱	۸۸	۲۱	۲۳	۱	۲۹۰	-	-	-
فروردین	۶	۱۱۶	۳۸۹	۱۳	۱۴۲	۵	۶۵۵	۹۴	۱۸۰۲	-
اردیبهشت	۴	۱۹۲	۵۱۶	۱۴	۲۳۱	۱	۱۷۷	-	-	-
خرداد	۴	۲۲۵	۲۷۶	۱۴۸	۵۵	۸	۶۳۵	۵۰۶	۱۴۱۳	-
تیر	۶	۳۹	۶۴	۲۱	۱۶	۲	۵۳	۴۷	۵۹	-
مرداد	۵	۲۴	۵۷	۰	۲۵	۲	۷۴	۴۱	۱۰۶	-
شهریور	۵	۴۲	۸۴	۱۴	۲۶	۰	-	-	-	-
مهر	۵	۵۷	۷۷	۳۹	۱۴	۰	-	-	-	-
آبان	۴	۱۳۱	۲۰۸	۶۴	۶۴	۰	-	-	-	-
آذر	۵	۵۴	۱۱۶	۲۸	۴۲	۱	۷۰۲	-	-	-
دی	۵	۵۸	۱۱۵	۲۱	۳۶	۰	-	-	-	-
بهمن	۵	۳۷	۹۴	۱۴	۳۳	۰	-	-	-	-

جدول شماره ۴: مقایسه غلظت قارچ‌های شناسایی شده (CFU/m^3) در هوای شهر ایلام در روزهای عادی و گردوغباری

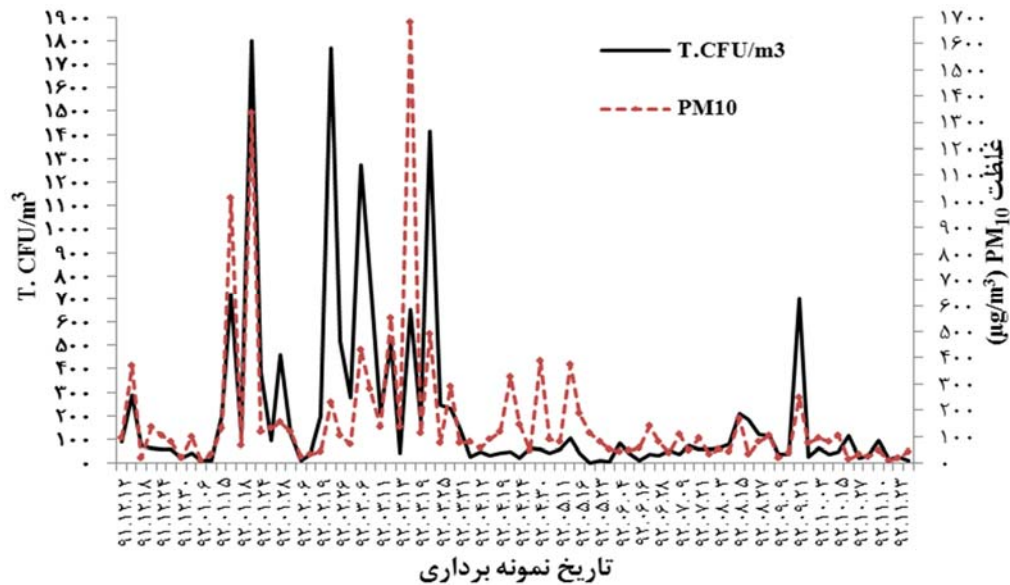
جنس قارچ	نمونه‌های روزهای عادی (۶۰ نمونه)			نمونه‌های روزهای گردوغباری (۲۰ نمونه)		
	میانگین	حداکثر	انحراف معیار	میانگین	حداکثر	انحراف معیار
کلادوسپوریوم (Cladosporium)	۳۳	۴۳۸	۷۳	۴۴۶	۱۵۷۲	۵۰۳
پنی سیلیوم (Penicillium)	۲۴	۲۶۵	۴۰	۳۴	۱۵۹	۴۴
آلترناریا (Alternaria)	۸	۴۲	۱۰	۴۹	۱۹۴	۵۶
آسپرژیلوس (Aspergillus)	۹	۷۱	۱۴	۸	۷۱	۱۸
موکور (Mucor)	۱	۱۰	۳	۲	۲۴	۶
رایزوپوس (Rhizopus)	۱	۱۸	۴	۴	۲۶	۷
اولوکولادیوم (Ulocladium)	۰	۱۸	۲	۶	۳۵	۱۳
هلمنتوسپوریوم (Helminthosporium)	۰	۷	۱	۱	۱۲	۳
اکرومونیم (Acromonium)	۱	۲۴	۴	۲	۳۵	۸
بلترانیا (Beltrania)	۰	۱۴	۲	۰	۰	۰
ژئوتریکوم (Geotrichum)	۱	۱۴	۲	۰	۰	۰
ایپی کوکوم (Epicoccum)	۰	۴	۱	۰	۰	۰
درکسلرا (Drechselera)	۰	۰	۰	۱	۱۸	۴
تشخیص داده نشده	۳	۳۵	۶	۱۴	۷۱	۲۲

آن‌ها در فصل‌های مختلف سال متفاوت بود. در جدول شماره ۵ مشخصات آماری جنس‌های غالب شناسایی شده قارچی آمده است. در روزهایی که غلظت قارچ‌ها در نمونه‌های هوا پایش

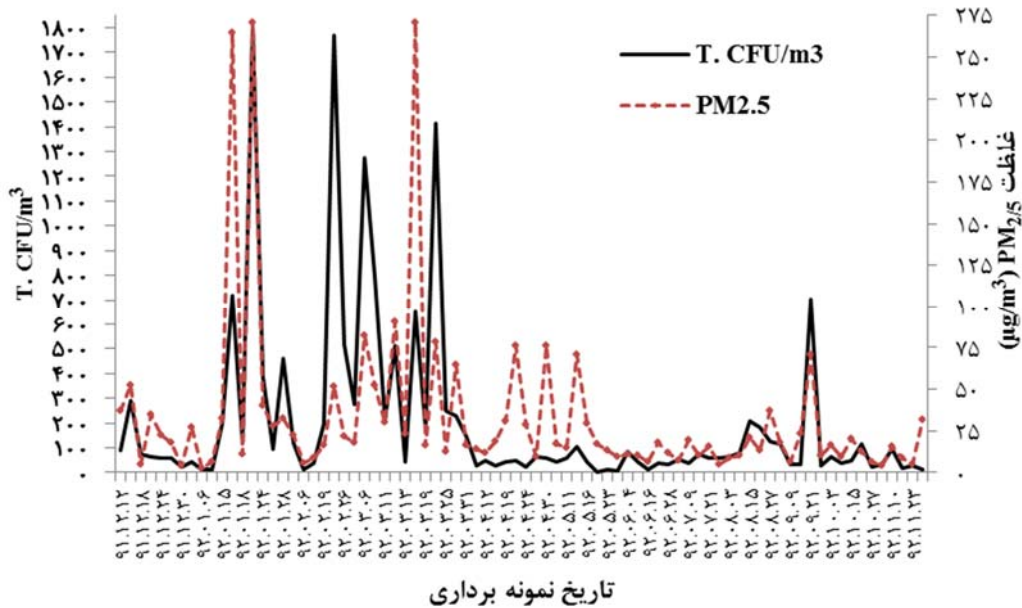
می‌شد، غلظت ذرات نیز مورد آنالیز قرار می‌گرفت. در تصویرهای شماره ۵ و ۶، روند تغییرات تراکم کلنی قارچ‌های هوابرد در ارتباط با غلظت ذرات PM_{10} و $PM_{2.5}$ موجود در هوای شهر ایلام آمده است.

جدول شماره ۵: تعداد کلنی انواع جنس‌های قارچی شناسایی شده (CFU/m^3) به تفکیک فصل‌های مختلف سال

جنس قارچ	بهار (تعداد ۲۸ نمونه)			تابستان (تعداد ۲۰ نمونه)			پاییز (تعداد ۱۵ نمونه)			زمستان (تعداد ۱۷ نمونه)		
	میانگین	حداکثر	انحراف معیار	میانگین	حداکثر	انحراف معیار	میانگین	حداکثر	انحراف معیار	میانگین	حداکثر	انحراف معیار
کلادوسپوریوم	۳۳۸	۱۵۷۲	۴۵۰	۴	۱۸	۸	۶۷	۶۳۱	۱۵۹	۲۲	۲۶۱	۶۲
پنی سیلیوم	۳۸	۲۶۵	۵۹	۳	۱۸	۵	۲۵	۱۰۶	۳۱	۳۵	۱۰۶	۲۷
آلترناریا	۴۲	۱۹۴	۴۹	۷	۲۴	۸	۳	۱۹	۵	۵	۲۱	۷
آسپرژیلوس	۳	۲۸	۷	۱۷	۷۱	۲۱	۱۷	۴۲	۱۶	۱	۷	۲
موکور	۱	۱۲	۳	۴	۲۴	۶	۱	۱۰	۳	۱	۵	۱
رایزوپوس	۲	۱۸	۵	۴	۲۴	۶	۲	۱۸	۵	۰	۰	۰
اولوکولادیوم	۵	۳۵	۱۱	۱	۷	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰
هلمنتوسپوریوم	۱	۱۲	۳	۰	۰	۰	۱	۶	۲	۱	۵	۱
اکرومونیم	۱	۳۵	۷	۰	۰	۰	۵	۲۴	۸	۱	۳	۱
بلترانیا	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱۴	۳
ژئوتریکوم	۱	۱۴	۳	۰	۰	۰	۱	۷	۲	۰	۰	۰
ایپی کوکوم	۰	۴	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
درکسلرا	۱	۱۸	۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
سایر	۱۲	۷۱	۱۹۵	۲	۱۴	۴	۳	۱۸	۵	۱	۵	۲



تصویر شماره ۵: روند تغییرات تراکم کلنی قارچ‌ها در ارتباط با غلظت ذرات PM₁₀ در تمام روزهای نمونه‌برداری



تصویر شماره ۶: روند تغییرات تراکم کلنی قارچ‌ها در ارتباط با غلظت ذرات PM_{2.5} در تمام روزهای نمونه‌برداری

بحث

میانگین غلظت ماهیانه ذرات PM₁₀ و PM_{2.5} در روزهای عادی، در ماه‌های تیر و خرداد به ترتیب ۱۴۸/۳ و ۱۴۷/۸ µg/m³ و کمترین آن در ماه‌های بهمن و دی با مقدار ۳۲/۱ و ۳۹/۸ µg/m³ گزارش شد (جدول شماره ۱). همچنین، نتایج این مطالعه نشان داد که

با توجه به ردیابی توده‌های گردوغبار و کانون‌های تولید آن‌ها، بیابان‌های استان الانبار، استان نینوا، بیابان‌های شرق سوریه و استان صلاح‌الدین، به ترتیب در ۳۰/۹، ۳۲/۱، ۲۳/۶ و ۴/۲ درصد از توده‌های گردوغبار ایجادشده و ورودی به شهر ایلام نقش داشته‌اند. بیشترین

و به ترتیب برابر $5337/6$ و $910/9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ گزارش گردید (۴). این درحالی است که در مطالعه گودرزی و همکاران در شهر اهواز که از آبان سال ۱۳۹۰ تا اردیبهشت ۱۳۹۱ انجام شد، حداکثر غلظت ساعتی PM_{10} و $\text{PM}_{2.5}$ در کل دوره مطالعه به ترتیب برابر $4730/1$ و $774/4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ و در بهمن ماه مشاهده گردید؛ هرچند که عمده توده‌های گردوغبار در فصل گرم وارد استان خوزستان می‌شد (۱۹). نتایج این مطالعات نشان می‌دهند که تأثیرپذیری زمانی استان‌های ایلام و خوزستان از طوفان‌های گردوغبار یکسان بوده که این موضوع به دلیل مجاورت مرزی دو استان خوزستان و ایلام با همدیگر و تأثیرپذیری مشترک از توده‌های گردوغباری ورودی از ناحیه غرب ایران به داخل کشور است. هرچند که میزان تأثیرپذیری این دو استان از توده‌های گردوغبار، به دلایل شرایط متفاوت توپوگرافی، تا حدودی یکسان نیست. همچنین، براساس نتایج به دست آمده از این مطالعه، در ماه‌های شهریور، مهر، آبان، دی و بهمن هیچ‌گونه طوفان گردوغباری مشاهده نشد. غلظت PM_{10} و $\text{PM}_{2.5}$ در کل دوره مطالعه، تحت تأثیر پدیده طوفان‌های گردوغبار در روزهای گردوغباری و عادی، اختلاف معنی‌داری دارند ($P < 0/05$). این نتایج مطابق یافته‌های Zhao و همکاران در کشور چین است. آن‌ها دریافتند که میانگین غلظت PM_{10} و $\text{PM}_{2.5}$ در طی روزهای گردوغباری به ترتیب برابر $322 \pm 237/4$ و $141/5 \pm 108/8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ است؛ درحالی که غلظت روزانه PM_{10} در روزهای عادی $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ بود (۲۰). نسبت PM_{10} و $\text{PM}_{2.5}$ برابر با $0/248$ و $0/191$ در روزهای عادی و گردوغباری این مطالعه، نشان از طبیعی بودن منشأ ذرات گردوغبار هوای اتمسفری شهر ایلام دارد.

فراوانی و نوع عوامل بیواثرسل‌های اتمسفر متغیر است و به مواد معدنی و آلی معلق در هوا، درجه

بیشترین میانگین غلظت ماهیانه $\text{PM}_{2.5}$ در ماه‌های تیر و خرداد به ترتیب برابر $29/7$ و $25/3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ و کمترین میانگین غلظت ماهیانه $\text{PM}_{2.5}$ در ماه‌های دی و شهریور با مقدار $11/5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ بود. براساس نتایج به دست آمده، غلظت ذرات در فصل گرم بیشتر از فصل سرد بود که این می‌تواند به دلیل تعداد بیشتر طوفان‌های گردوغباری در طی نیم‌سال گرم باشد. همچنین، وجود گردوغبارهای محلی سطح منطقه و نبود ریزش‌های جوی کافی برای شستشوی اتمسفر آلوده به ذرات در نیم‌سال اول (فصل گرم)، می‌تواند از علت‌های غلظت بالای ذرات در فصل گرم نسبت به فصل سرد باشد. غلظت ذرات در روزهای گردوغباری بیشتر از غلظت ذرات معلق در روزهای عادی است.

براساس روند تغییرات غلظت ذرات PM_{10} و $\text{PM}_{2.5}$ ، بیشترین تعداد روزهای درگیر طوفان‌های گردوغباری در خردادماه با ثبت ۱۳ روز گردوغبار و متوسط غلظت ماهیانه PM_{10} و $\text{PM}_{2.5}$ برابر $324/6$ و $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ و در رده بعدی در ماه فروردین با ۶ روز گردوغباری و متوسط غلظت ماهیانه PM_{10} و $\text{PM}_{2.5}$ برابر $343/5$ و $72/3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ گزارش شد. براساس داده‌های به دست آمده از این مطالعه، میانگین غلظت ذرات در ماه فروردین بیشترین مقدار بود؛ به طوری که حداکثر غلظت ماهیانه PM_{10} و $\text{PM}_{2.5}$ برابر 802 و $151/4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ با انحراف معیار $255/7$ و $49/7$ گزارش شد. مطالعه شاهسونی و همکاران نشان داد که حداکثر غلظت لحظه‌ای ذرات در هوای شهر اهواز در ماه خرداد سال ۱۳۸۹ اتفاق افتاده است (۴). در مطالعه حاضر، حداکثر غلظت ساعتی PM_{10} و $\text{PM}_{2.5}$ در طول دوره مطالعه به ترتیب $1958/9$ و $325 \mu\text{g}/\text{m}^3$ و در خردادماه ثبت شد. در مطالعه مشابه شاهسونی و همکاران در سال ۱۳۸۹ بر روی غلظت ذرات معلق هوای شهر اهواز، حداکثر غلظت ساعتی PM_{10} و $\text{PM}_{2.5}$ نیز در خردادماه

میانگین تعداد کلنی قارچ در روزهای عادی و گردوغباری این مطالعه، به ترتیب برابر ۸۲ و CFU/m^3 ۵۶۸ بود. نسبت میانگین تعداد کلنی قارچ‌ها در روزهای گردوغباری ۶/۹۲ برابر روزهای عادی می‌باشد. بالابودن این نسبت در مطالعه شاهسونی و همکاران نیز به دست آمده است (۴). همانند مطالعه حاضر، مطالعات Wu و همکاران در سال ۲۰۰۴ (۲۴) و همچنین مطالعات Ho و همکاران در سال ۲۰۰۵ (۲۵) نشان داد که گردوغبار با منشأ صحرای چین، می‌تواند سبب افزایش تراکم قارچ‌های موجود در هوا به ترتیب به مقدار ۲۹۰۳۸ و CFU/m^3 ۶۰۷۸ شود. تعداد کلنی قارچ‌ها در هر متر مکعب هوا در روزهای عادی و گردوغباری با هم تفاوت معنی‌داری داشتند ($P < 0/05$).

همان‌طور که در تصویرهای شماره ۵ و ۶ مشاهده می‌شود، با افزایش غلظت ذرات PM_{10} و $PM_{2.5}$ ، تراکم کلنی قارچ‌های موجود در هوا افزایش می‌یابد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که بین غلظت قارچ‌ها در هوای شهر ایلام با غلظت PM_{10} و $PM_{2.5}$ همبستگی مثبت معنی‌دار قوی وجود دارد ($P < 0/01$). نتایج این مطالعه با مطالعات مشابه همخوانی دارد (۲۴، ۲۶). غلظت کل کلنی قارچ در ماه‌ها و فصل‌های مختلف اختلاف معنی‌داری داشتند ($P < 0/05$). همچنین، در مطالعه توده‌های گردوغبار در آسیا و آفریقا، انتقال بیواثر و سل‌های قارچی همراه توده‌های گردوغباری در این سطح معنی‌داری اثبات شده است (۲۷). براساس نتایج به دست آمده از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه مقایسه فصل‌های مختلف نیز، بین میانگین غلظت قارچ‌ها در هوا در فصل‌های بهار با سه فصل تابستان، پاییز و زمستان تفاوت معنی‌داری وجود دارد ($P < 0/05$)؛ در حالی که در بین فصل‌های تابستان، پاییز و زمستان، تفاوت میانگین غلظت باکتری‌ها در هوا معنی‌دار نبود ($P > 0/05$). براساس نتایج مطالعه حاضر، میانگین فصلی

حرارت محیط، مکان جغرافیایی، مقدار رطوبت هوا، بارندگی و عوامل دیگر بستگی دارد (۲۱، ۲۲). بسیاری از میکروارگانیسم‌های موجود در توده‌های گردوغبار، به‌وسیله پرتوهای ماوراءبنفش خورشید، فقدان مواد غذایی و خشک شدن چندروزه از بین می‌روند؛ اما اغلب قارچ‌ها می‌توانند به‌وسیله ایجاد فرم اسپوردار نسبت به خشکی، گرما، تابش ماوراءبنفش و شرایط ضعیف مواد مغذی مقاومت کنند (۲۲، ۳۲). با توجه به داده‌های به دست آمده، میانگین سالانه تعداد کلنی قارچ‌ها در مدت مطالعه برابر CFU/m^3 ۲۰۳ حاصل شد. حداکثر تعداد کلنی قارچ‌ها در ماه فروردین برابر با CFU/m^3 ۱۸۰۲ مشاهده شد. بالاترین میانگین ماهانه تعداد کلنی قارچ در نمونه‌برداری دوره‌ای ۶ روزه و روزهای گردوغباری به ترتیب مربوط به ماه‌های خرداد و فروردین و برابر با ۲۲۵ و CFU/m^3 ۶۵۵ و کمترین میانگین ماهیانه به ترتیب مربوط به ماه‌های مرداد و تیر و برابر با ۲۴ و CFU/m^3 ۵۳ بود (جدول شماره ۳). مقایسه این نتایج با تغییرات غلظت میانگین ماهانه ذرات معلق در طول دوره مطالعه منطبق هستند و به‌خوبی تأثیر پدیده گردوغبار بر تراکم قارچ‌ها در هوا را نشان می‌دهند (تصویرهای شماره ۵ و ۶). این درحالی است که در مطالعه‌ای که شاهسونی و همکاران در سال ۱۳۸۹ بر روی مشخصات ذرات معلق در شهر اهواز انجام دادند، میانگین سالانه تعداد کلنی قارچ را در هر متر مکعب هوا، CFU/m^3 ۵۵۴ اعلام کردند. همچنین، بالاترین میانگین ماهانه تعداد کلنی قارچ مربوط به اسفندماه و برابر CFU/m^3 ۱۰۵۳ بود (۴). دلیل بیشتر بودن مقادیر میانگین سالانه و ماهیانه مطالعه آن‌ها با مطالعه حاضر، شرایط محیطی متفاوت از جمله تعداد روزهای گردوغباری، غلظت ذرات معلق موجود در هوا، اختلاف رطوبت نسبی هوا و دما در دو شهر ایلام و اهواز است.

تعداد کلنی‌های قارچ با بالاترین میانگین غلظت ذرات PM_{10} و $PM_{2.5}$ و پدیده گردوغبار همخوانی دارد که به فصل بهار مربوط است (تصویرهای شماره ۵ و ۶). نتایج این مطالعه، مشابه نتایج مطالعه انجام شده در شهر اهواز توسط شاهسونی و همکاران می‌باشد (۴). در مطالعه حاضر، می‌توان نتیجه گرفت پدیده گردوغبار یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در تراکم بیوآئروسول‌ها و نیز تغییرات زمانی آن است. هرچند عوامل دیگری همچون شرایط محیطی از جمله رطوبت نیز می‌توانند در این تفاوت‌ها مؤثر باشند (۲۸).

شایع‌ترین گونه‌های قارچ شناسایی شده در کل دوره مطالعه حاضر در شرایط عادی، به ترتیب غلظت، کلادوسپوریوم، پنی‌سیلیوم، آسپرژیلوس، آلترناریا، آکرومونیم، موکور، رایزوپوس و الوکولادیوم و در شرایط گردوغباری، به ترتیب کلادوسپوریوم، آلترناریا، پنی‌سیلیوم، آسپرژیلوس، الوکولادیوم، رایزوپوس و موکور بودند. بیشترین غلظت قارچ در هوای شهر ایلام در طول مدت مطالعه، به گونه‌های کلادوسپوریوم با غلظت متوسط 33 CFU/m^3 در روزهای عادی و 446 CFU/m^3 در روزهای گردوغباری مربوط بود. این درحالی است که در مطالعه شاهسونی و همکاران در سال ۱۳۸۹ نیز، بیشترین فراوانی قارچ‌ها در هوای شهر اهواز در شرایط عادی مربوط به جنس‌های کلادوسپوریوم، پنی‌سیلیوم، آلترناریا و آسپرژیلوس و در شرایط گردوغباری جنس‌های رایزوپوس، کلادوسپوریوم و پنی‌سیلیوم گزارش شده است (۴). Fang و همکاران در سال ۲۰۰۵ در کشور چین، گروه کلادوسپوریوم با بیش از یک‌سوم و در ادامه، گونه‌های آلترناریا، پنی‌سیلیوم و آسپرژیلوس را به‌عنوان گونه‌های غالب در هوای محیطی شهر پکن گزارش کردند (۲۹). همچنین، در مطالعات انجام شده توسط Yeo و همکاران در سال ۲۰۰۲ بر روی غلظت گونه‌های قارچی ناشی از

طوفان‌های گردوغباری غرب کشور کره، گونه‌های فوزاریوم، آسپرژیلوس، پنی‌سیلیوم و باسی پتوسپورا بیشترین تعداد را شامل می‌شدند (۷). همانند مطالعه حاضر، نتایج مطالعات گونه‌های قارچی غالب در توده‌های گردوغبار آسیایی نشان می‌دهد که عمده گونه‌های قارچی شناسایی شده شامل کلادوسپوریوم، آلترناریا و آسپرژیلوس هستند (۲۳، ۲۵). نوع و جنس قارچ‌های جدا شده در شرایط گردوغباری متأثر از فاصله و منبع گردوغبار می‌باشد. با توجه به اینکه برخی از توده‌های گردوغباری ورودی به شهر ایلام ناشی از بیابان‌های کشور عربستان است، مطالعات نشان می‌دهند که شایع‌ترین قارچ‌های جدا شده از نمونه خاک‌های عربستان سعودی، مربوط به جنس‌های آسپرژیلوس، فوزاریوم، درکسلرا، فوما و پنی‌سیلیوم بودند (۳۰، ۳۱). نتایج به‌دست آمده از آزمون ناپارامتری Mann-Whitney، نشان می‌دهد که غلظت کلنی قارچ‌های کلادوسپوریوم، آلترناریا، الوکولادیوم و درکسلرا در روزهای عادی و گردوغباری با یکدیگر تفاوت معنی‌داری داشتند ($P < 0.05$)؛ اما غلظت کلنی قارچ‌های پنی‌سیلیوم، موکور، آسپرژیلوس و دیگر قارچ‌های شناسایی شده در روزهای عادی و گردوغباری با یکدیگر تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند ($P > 0.05$)؛ بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که ورود توده‌های گردوغبار سبب افزایش غلظت قارچ‌های کلادوسپوریوم، آلترناریا، الوکولادیوم و درکسلرا در هوای شهر ایلام شده است.

همچنین براساس آزمون Kruskal-Wallis، غلظت جنس‌های قارچ‌های شناسایی شده کلادوسپوریوم، پنی‌سیلیوم، آلترناریا و آسپرژیلوس در ماه‌های مختلف سال، تفاوت معنی‌داری داشتند ($P < 0.05$) که این خود می‌تواند نشان دهد، در ماه‌های مختلف سال غلظت‌های متفاوتی از توده‌های گردوغبار وجود دارد. همچنین،

قلبی و ریوی ساکن در منطقه مطالعاتی شود. حضور غلظت بالای بیوآئروسول‌های قارچی در نمونه‌های هوا و ارتباط معنی‌دار آن با ورود توده‌های گردوغباری، خود یکی دیگر از مسائل مورد توجه برای سلامتی ساکنان منطقه مورد مطالعه است.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله، مراتب تشکر خود را از مدیر کل و کارکنان اداره کل هواشناسی استان ایلام به سبب حمایت‌های صورت گرفته اعلام می‌دارند.

تواتر توده‌های گردوغباری و شرایط آب و هوایی ماه‌های مختلف سال، متفاوت است.

در طی سالیان اخیر، استان ایلام به‌عنوان یکی از مناطق تحت تأثیر شدید پدیده‌های گردوغباری ورودی از ناحیه غرب، مورد توجه بوده است. با توجه به داده‌های به‌دست آمده از یک سال مطالعه، مقدار ذرات گردوغبار در روزهای عادی و روزهای گردوغباری شهر ایلام، بیش از ۳۵ روز طوفان‌های گردوغباری ($PM_{10} \geq 150 \mu g/m^3$) ثبت شد. همچنین، متوسط بالای غلظت ذرات در طی برخی از روزهای عادی می‌تواند تأثیرات ناخوشایندی بر سلامتی افراد داشته باشد و سبب تشدید برخی بیماری‌های

References

1. Pope CA3rd, Burnett RT, Thun MJ, Calle EE, Krewski D, Ito K, et al. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. JAMA. 2002; 287(9): 1132-1141.
2. Amarloei A, Jonidi JA, Asillian MH, Asadollahi K. The Evaluation of PM10, PM2.5 and PM1 Concentration during Dust Storm Events in Ilam city, from Mar 2013 through Feb 2014. Scientific Journal of Ilam University of Medical Sciences. 2014; 22(4): 34-41.
3. Shahsavani A, Naddafi K, Haghighifard NJ, Mesdaghinia A, Yunesian M, Nabizadeh R, et al. 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 2012; 77: 72-83.
4. Amarloei A, Jafari AJ, Mahabadi HA, Asadollahi K, Nourmoradi H. Investigation on the lung function of general population in Ilam, west of Iran, as a city exposed to dust storm. Glob J Health Sci. 2015; 7(3): 298-308.
5. Khoshhal Dastjerdi J, Mousavi S, Kashki A. Synoptic analysis of Ilam dust storms (1987-2005). Geography and Environmental Planning 2012; 46(2): 15-34.
6. Najafi MS, Khoshakhllagh F, Zamanzadeh SM, Shirazi MH, Samadi M, Hajikhani S. Characteristics of TSP loads during the Middle East springtime dust storm (MESDS) in Western Iran. ArabJ Geosci. 2014; 7(12): 5367-5381.
7. Yeo H-G, Kim J-H. SPM and fungal spores in the ambient air of west Korea during the Asian dust (Yellow sand) period. Atmos Environ. 2002; 36(35): 5437-5442.
8. Hallar A, Chirokova G, McCubbin I, Painter TH, Wiedinmyer C, Dodson C. Atmospheric bioaerosols transported via dust storms in the western United States. Geophys Res Lett. 2011; 38(17): L17801.
9. Nasir ZA, Colbeck I, Sultan S, Ahmed S.

- Bioaerosols in residential micro-environments in low income countries: A case study from Pakistan. *Environ Pollut*. 2012; 168: 15-22.
10. Bonetta S, Bonetta S, Mosso S, Sampò S, Carraro E. Assessment of microbiological indoor air quality in an Italian office building equipped with an HVAC system. *Environ Monit Assess*. 2010; 161(1-4): 473-483.
 11. Fung F, Hughson WG. Health effects of indoor fungal bioaerosol exposure. *Appl Occup Environ Hyg*. 2003; 18(7): 535-544.
 12. Srikanth P, Sudharsanam S, Steinberg R. Bio-aerosols in indoor environment: Composition, health effects and analysis. *Indian J Med Microbiol*. 2008; 26(4): 302-312.
 13. Yang C, Johanning E. Airborne fungi and mycotoxins. In: *Manual of environmental microbiology*. 3rded, Crawford R, Garland J, Hurst C, Lipson D, Mills AL, Stetzenbac LD. ASM Press, Washington 2007; PP: 972-988.
 14. O’Gorman CM, Fuller HT. Prevalence of culturable airborne spores of selected allergenic and pathogenic fungi in outdoor air. *Atmospheric Environment* 2008; 42(18): 4355-4368.
 15. Amarloei A, Jafari A, Mahabadi H, Asadollahi K. Health outcomes attributed to PM10 due to dust storms in Ilam city, in Iran from 2012 to 2013. *SJKU*. 2015; 20(2): 51-61.
 16. Pope 3rd CA, Hansen ML, Long RW, Nielsen KR, Eatough NL, Wilson WE, et al. Ambient particulate air pollution, heart rate variability, and blood markers of inflammation in a panel of elderly subjects. *Environ Health Perspect*. 2004; 112(3): 339-345.
 17. Prospero JM, Blades E, Mathison G, Naidu R. Interhemispheric transport of viable fungi and bacteria from Africa to the Caribbean with soil dust. *Aerobiologia* 2005; 21(1): 1-19.
 18. Martínez MA, Ruiz J, Cuevas E, editors. Use of SEVIRI images and derived products in a WMO Sand and Dust Storm Warning System. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*; 2009; 7(1): 012004.
 19. Goudarzi G, Shirmardi M, Khodarahmi F, Hashemi-Shahraki A, Alavi N, Ankali KA, et al. Particulate matter and bacteria characteristics of the Middle East Dust (MED) storms over Ahvaz, Iran. *Aerobiologia* 2014; 30(4): 345-356.
 20. Xu Y, Chen J, Yin L, Shang X, et al. Chemical characteristics of particulate matter during a heavy dust episode in a coastal city, Xiamen, 2010. *Aerosol Air Qual Res*. 2011; 11(3): 299-308.
 21. Boreson J, Dillner AM, Peccia J. Correlating bioaerosol load with PM_{2.5} and PM_{10cf} concentrations: a comparison between natural desert and urban-fringe aerosols. *Atmos Environ*. 2004; 38(35): 6029-6041.
 22. Song L, Song W, Shi W. Study on airborne bacteria pollution in Shanghai. *Shanghai Environ Sci*. 1999; 18: 258-260.
 23. Kellogg CA, Griffin DW. Aerobiology and the global transport of desert dust. *Trends Ecol Evol*. 2006; 21(11): 638-644.
 24. Wu P-C, Tsai J-C, Li F-C, Lung S-C, Su H-J. Increased levels of ambient fungal spores in Taiwan are associated with dust events from China. *Atmos Environ*. 2004; 38(29): 4879-4886.
 25. Ho H-M, Rao CY, Hsu H-H, Chiu Y-H, Liu C-M, Chao HJ. Characteristics and determinants of ambient fungal spores in Hualien, Taiwan. *Atmos Environ*. 2005; 39(32): 5839-5850.

26. Kellogg CA, Griffin DW, Garrison VH, Peak KK, Royall N, Smith RR, et al. Characterization of aerosolized bacteria and fungi from desert dust events in Mali, West Africa. *Aerobiologia* 2004; 20(2): 99-110.
27. Hua N-P, Kobayashi F, Iwasaka Y, Shi G-Y, Naganuma T. Detailed identification of desert-originated bacteria carried by Asian dust storms to Japan. *Aerobiologia* 2007; 23(4): 291-298.
28. Tang JW. The effect of environmental parameters on the survival of airborne infectious agents. *J R Soc Interface*. 2009; 6(6): 737-746.
29. Fang Z, Ouyang Z, Hu L, Wang X, Zheng H, Lin X. Culturable airborne fungi in outdoor environments in Beijing, China. *Sci Total Environ*. 2005; 350(1): 47-58.
30. Crook J. Climate analysis and long range forecasting of dust storms in Iraq: Naval Postgraduate School, Monterey, California; 2009.
31. Mackie D, Boyd P, Hunter K, McTainsh GH. Simulating the cloud processing of iron in Australian dust: pH and dust concentration. *Geophysical Research Letters* 2005; 32(6): L06809.