

تنوع زیستی جوامع قارچ‌های رسوب گرد و غبار و رابطه آن با میزان رسوب سطح برگ درختان بلوط در جنگل‌های زاگرس

نیلوفر حق دوست^۱

مسلم اکبری نیا^{۲*}

akbarim@modares.ac.ir

ناصر صفایی^۳

حامد یوسفزاده^۴

میکلوش بالینت^۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۷/۳۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۳/۰۴

چکیده

مقدمه: بسیاری از پیامدهای طوفان‌های گرد و غبار همچنان ناشناخته مانده است. تنوع میکروارگانیسم‌هایی که توسط این طوفان‌ها از طریق رسوب سطحی به اکوسیستم‌ها وارد می‌شوند کمتر مطالعه شده است. چنین میکروارگانیسم‌هایی با عملکردهای متفاوت می‌توانند تاثیر شگرفی بر پایداری و سلامت اکوسیستم‌های جنگلی داشته باشند. تحقیق حاضر با مطالعه تنوع زیستی قارچ‌های قابل کشت که توسط چنین طوفان‌هایی به جنگل‌های بلوط ایرانی استان کرمانشاه وارد شده، رابطه آنرا با میزان رسوب گرد و غبار بر سطح برگ درختان به عنوان پارامتری از شدت گرد و غبار ارزیابی می‌کند.

روش کار: بدین منظور پنج رویشگاه بلوط ایرانی در نقاط مختلف استان کرمانشاه انتخاب و نمونه برداری از رسوب گرد و غبار سطح برگ در سه دوره و هر بار پس از یک طوفان گرد و غبار انجام گردید. قارچ‌های قابل کشت نمونه‌های رسوب سطح برگ بر طبق روش‌های استاندارد جداسازی شدند. میزان رسوب سطحی ذرات گرد و غبار و تنوع زیستی شانون و سیمپسون و غنای گونه‌ای قارچی برای هر نمونه محاسبه گردید. رابطه بین میزان رسوب گرد و غبار بر سطح برگ و تنوع زیستی قارچی با استفاده از مدل‌های رگرسیونی (LM و GLM) بررسی شد.

نتایج: این پژوهش بیانگر رابطه مثبت معنی‌دار بین میزان رسوب گرد و غبار بر سطح برگ با تنوع زیستی و غنای گونه‌ای قارچ‌های حمل شده بود و با افزایش میزان رسوب تنوع زیستی و غنای گونه‌ای افزایش داشت. همچنین با توجه به نتایج NMDS تفاوت معنی داری ما بین رویشگاه‌های مورد مطالعه و زمان‌های نمونه برداری از نظر تنوع زیستی و ترکیب جوامع قارچی وجود نداشت.

واژه‌های کلیدی: تنوع زیستی، جنگل‌های زاگرس، ریزگرد، رسوب سطح برگ، NMDS.

^۱ دانشکده اکولوژی و علوم زمین، دانشگاه تارتو، تارتو، استونیا

^۲ دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران* (مسئول مکاتبات)

^۳ دانشیار گروه بیماری شناسی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

^۴ استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

^۵ موسسه تحقیقات تغییر اقلیم و تنوع زیستی زنکنبرگ، فرانکفورت، آلمان

Diversity of deposited dust fungal communities in relation to the amount of deposition on Persian oak leaf surface in Zagros forests

Nilofar Haghdoust¹

Moslem Akbarinia^{2*}

akbarim@modares.ac.ir

Naser Safaei³

Hamed Yosefzadeh⁴

Miklos Balint⁵

Accepted Date: October 22, 2017

Date Received: May 25, 2016

Abstract

Introduction: Many of the consequences caused by dust storms are unknown. The diversity of microorganisms imported to the downwind ecosystems by dust deposition on the surfaces is less investigated. These kinds of microorganisms with different functions can have great impacts on health and stability of forest ecosystems. This study aims to investigate the diversity of cultivable fungi which is carried to the Persian oak forests of Kermanshah by dust storms and study its relation with the amount of dust deposition on leaf surface as an indicator of dust storms intensity.

Methodes: For this purpose, five natural stands of Persian oak were chosen in Kermanshah and sampling of deposited dust on the leaf surface was performed three times each time after a major dust storm. Cultivable fungi were isolated according to the standard methods. The amount of dust deposition, Shannon and Simpson diversity indices and richness were calculated for each sample. The relationship between the amount of dust deposition and fungal diversity was investigated using regression models (GLM and LM).

Results: showed that there is a significantly positive relationship between the amount of dust deposition on leaf surface and the fungal diversity and richness and with increasing amount of deposition fungal diversity and richness were higher. Also there was no difference between the studied sites and sampling times considering the diversity of fungal communities.

Keywords: Diversity, Zagros forests, dust, leaf surface deposition, NMDS.

¹ Faculty of Ecology and Earth Sciences, University of Tartu, Tartu, Estonia

² Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran * (Corresponding Author)

³ Associate Professor, Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

⁴ Assistant Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

⁵ Senckenberg Institute for Climate Change and Biodiversity Research, Frankfurt, Germany

مقدمه

امروزه تغییر اقلیم یکی از مهم ترین چالش‌های بشر در قرن بیست و یکم محسوب می‌گردد. طوفان‌های گرد و غبار یکی از پیامدهای تغییر اقلیم به شمار می‌روند که به دلیل طی مسافت‌های طولانی و حمل و رسوب ذرات معلق تاثیرات چشمگیر جهانی در پی دارند (۱). از تاثیرات جهانی این طوفان‌ها میتوان به تاثیر بر سیستم تابشی زمین (۲، ۳)، تاثیر بر چرخه ژئوشیمیایی (۴)، تاثیر بر فرآیندهای اقلیمی و محیطی (۵-۷) و سلامت انسان (۸) اشاره کرد. طوفان‌های گرد و غبار عموماً در مناطق خشک و نیمه خشک به وقوع می‌پیوندند و غلظت ذرات معلق در هنگام وقوع طوفان‌های گرد و غبار می‌تواند به ۶ گرم بر متر مربع برسد (۹). در سال‌های اخیر طوفان‌های گرد و غبار به مشکل بزرگی در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا مانند خاورمیانه تبدیل شده‌اند (۱۰) و به دلیل روند افزایشی تغییرات کاربری اراضی (۱۱) و تغییرات اقلیمی (۱)، روز به روز در حال گسترش می‌باشند. اگرچه تاثیرات این طوفان‌ها بر سلامت انسان، اقتصاد و تولیدات کشاورزی (۷، ۱۲) به وفور مورد مطالعه قرار گرفته است، اما تاثیرات آنها بر جنگل‌های طبیعی پایین دست از جمله جنگل‌های زاگرس که یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های طبیعی کشور به شمار می‌روند به درستی مشخص نیست.

بیشتر تاثیرات گرد و غبار بر اکوسیستم‌های زمینی از طریق رسوب ذرات معلق می‌باشد (۱۳). گرد و غبار مقادیر قابل توجهی عناصر ماکرو، فلزات سنگین و عناصر غذایی را با انباشته شدن بر سطوح مختلف به اکوسیستم‌های پایین دست وارد می‌کند (۱۴). اثرات مستقیم گرد و غبار بر گیاهان شامل تاثیر بر تولید اولیه از طریق کاهش فتوسنتز، بستن روزنه‌های برگ، تغییر تنفس و اسیدیته و... می‌باشد (۱۶، ۱۷). طوفان‌های گرد و غبار همچنین میکروارگانیسم‌های بسیاری را با خود حمل کرده و به اکوسیستم وارد می‌کنند (۱۸) اما مشخص نیست که این میکروارگانیسم‌ها چگونه بر جوامع میکروبی محلی تاثیر می‌گذارند. برخی از این میکروارگانیسم‌ها به خصوص بیمارگرها می‌توانند بر تعادل کل اکوسیستم تاثیرگذار باشند (۱۲). گرد و غبار می‌تواند به صورت غیر مستقیم از طریق تاثیر بر میکروارگانیسم‌های مرتبط با گیاهان از جمله میکروارگانیسم‌های بیمارگر و همزیست بر سلامت و پایداری گیاهان موثر باشد. رسوب گرد و غبار می‌تواند با حذف و یا کاهش فراوانی میکروارگانیسم‌های حساس منجر به تغییر ساختار و برهم زدن تعادل جوامع میکروبی مرتبط با گیاهان شود و در نهایت منجر به تغییرات اساسی در روابط متقابل گیاه و میکروارگانیسم‌ها گردد (۱۹، ۲۰). با توجه به انتقال میکروارگانیسم‌ها به خصوص بیمارگرها در مسافت‌های

طولانی توسط طوفان‌های گرد و غبار، اخیراً تحقیقات زیادی به بررسی کمیت و تنوع ارگانیسم‌هایی که توانایی زنده ماندن در چنین شرایطی دارند، پرداخته‌اند. از جمله این مطالعات می‌توان به مطالعه Gonzalez-Martin و همکاران (۱۲) اشاره کرد که به بررسی گسترش جهانی میکروارگانیسم‌های بیمارگر توسط طوفان‌های گرد و غبار پرداختند. نقل و انتقال بیمارگرها توسط چنین طوفان‌هایی می‌تواند تاثیرات بسزایی نه تنها بر جوامع انسانی بلکه همچنین بر اکوسیستم‌های طبیعی نظیر جنگل‌ها و مراتع داشته باشند لذا مطالعات زیادی در چند دهه اخیر به بررسی تنوع میکروارگانیسم‌های گرد و غبار پرداخته‌اند (۸، ۱۸، ۲۱-۲۳). تحقیق حاضر به منظور بررسی تنوع زیستی قارچ‌های قابل کشت در رسوب گرد و غبار سطح برگ و تغییرات احتمالی زمانی و مکانی جوامع قارچی طوفان‌های گرد و غبار در رویشگاه‌های طبیعی بلوط ایرانی در استان کرمانشاه انجام گرفت. با شناسایی و مطالعه تنوع قارچ‌های ورودی به چنین اکوسیستم‌هایی زمینه مطالعات آتی در خصوص تاثیرات ثانویه این طوفان‌ها از طریق میکروارگانیسم‌ها فراهم خواهد شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و نمونه برداری میدانی

در جهت دستیابی به اهداف تحقیق حاضر، پنج منطقه جنگلی در استان کرمانشاه انتخاب گردید. اساس انتخاب مناطق مورد نظر بر پایه تفاوت‌های احتمالی آنها در میزان گرد و غبار ورودی به جنگل و میزان رسوب گرد و غبار بر سطوح گیاهان بود. به طوریکه با توجه به تفاوت‌های توپولوژیک مناطق انتخاب شده احتمال می‌رفت نرخ رسوب گرد و غبار متفاوتی داشته باشند. به عنوان مثال میزان تپه ماهوری و یا مسطح بودن منطقه در میزان جریان گرد و غبار ورودی به منطقه تاثیر بسزایی دارد. مناطق مورد مطالعه شامل جنگل‌های طبیعی بیستون، حسن آباد، خسرو آباد، سرمیل و سرخه دیزه بود که مختصات جغرافیایی آنها در جدول ۱ قابل مشاهده است.

جدول ۱- مختصات جغرافیایی مناطق مورد مطالعه

Table 1- Geographic coordinates of the study areas

منطقه نمونه برداری	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
بیستون	N 34° 22' 49"	E 47° 16' 33"
حسن آباد	N 34° 09' 45"	E 46° 39' 01"
خسرو آباد	N 34° 10' 52"	E 46° 22' 05"
سرمیل	N 34° 20' 19"	E 46° 07' 42"
سرخه دیزه	N 34° 23' 28"	E 46° 03' 20"

به وسیله لوپ جدا و روی پتری دیش استریل محتوی^۱ PDA (قطر ۹۰ میلی‌متری) حاوی کلرامفنیکل (۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر) و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و در شرایط تاریکی در انکوباتور کشت داده شدند. پس از کشت پتری‌دیش‌ها به صورت روزانه چک شده و کلونی‌های رشد کرده برای خالص سازی به پتری‌دیش‌های جداگانه (قطر ۶۰ میلی‌متری، PDA) منتقل گردید و در شرایط مشابه نگهداری شد. در مرحله بعدی قارچ‌ها بر اساس خصوصیات مورفولوژیک به گروه‌های مورفولوژیک دسته‌بندی شده و از هر گروه چندین نمونه به روش‌های تک اسپور (برای قارچ‌های تولید کننده اسپور) و نوک هیف (برای قارچ‌های بدون اسپور) با استفاده از کشت در محیط کشت WA^۲ خالص سازی گردید.

سپس نمونه‌های منتخب برای استخراج DNA، در محیط کشت PDB^۳ به مدت ده روز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در شیکر انکوباتور و شرایط تاریکی کشت داده شدند. میسلیم حاصل با استفاده از پمپ خلا جداسازی و تا زمان استخراج DNA، در دمای منفی ۸۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

استخراج DNA و شناسایی واحدهای تاکسونومیک به روش مولکولی

استخراج DNA از میسلیم‌های خالص قارچ با استفاده از روش CTAB اصلاح شده توسط صفایی و همکاران (۲۵) انجام گردید. در نهایت کمیت و کیفیت DNA استخراج شده به ترتیب به روش بارگیری نمونه روی ژل‌های الکتروفورزی آگارز و اسپکتروفتومتری مورد بررسی قرار گرفت. سپس قطعه ITS هر نمونه rDNA با استفاده از پرایمرهای جهانی ITS1F (۲۶) و ITS4 (۲۷) تکثیر گردید. امپلیکون‌ها با استفاده از Big Dye 3.1 chemistry (Applied Biosystems) در موسسه زنکنبرگ آلمان توالی یابی شدند. استخراج توالی‌ها از الکتروفروگرام‌های مستخرج با استفاده از نرم‌افزار Geneious version 9.0.5 (۲۸) انجام گردید.

پس از استخراج توالی‌های هر نمونه قطعات ITS1 و ITS2 با استفاده از پایگاه اطلاعاتی آنالین PlutoF (۲۹) از توالی استخراج شدند. این کار به دلیل جلوگیری از تاثیرات منفی قطعات پایدارتر مانند 5.8S و LSU در نتایج جست و جوی BLAST در بانک ژن انجام گردید (۳۰). سپس هر یک از قطعات ITS1 و ITS2 به صورت جداگانه با نتایج BLAST در پایگاه داده نکلوتید UNITE مقایسه شدند. برای تعیین

در تمامی رویشگاه‌های انتخاب شده درختان بلوط ایرانی (*Quercus brantii*) گونه غالب پوشش گیاهی منطقه را تشکیل داده و گونه‌های زالزالک (*Crataegus aronia var. minuta*)، پسته وحشی (*Pistacia mutica*)، کیکم (*Acer monspessulanum*)، پده (*Populus euphratica*)، دافنه (*Daphne muconata*) و راناس (*Cerasus microcarpa*) نیز به صورت مخلوط و پراکنده در منطقه مورد نظر دیده می‌شوند. لازم به ذکر است که مناطق انتخاب شده از نظر ارتفاع از سطح دریا مشابه بوده و همچنین طی سال‌های گذشته از شرایط یکسانی از نظر اقلیم و ساختار جنگلی برخوردار بوده و تحت تاثیر مداوم طوفان‌های گرد و غبار قرار داشته‌اند. نمونه برداری در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد سال ۱۳۹۵ و هر بار پس از وقوع یک طوفان گرد و غبار انجام گرفت. در هر زمان نمونه برداری، در هر یک از پنج رویشگاه مذکور تعداد پنج درخت بلوط با ابعاد مشابه انتخاب و از هر درخت سه عدد برگ کاملاً بالغ به صورت تصادفی از لایه بیرونی تاج پوشش برداشت و در پاکت کاغذی و یخدان به آزمایشگاه منتقل گردید.

اندازه‌گیری میزان رسوب گردوغبار و جداسازی قارچ‌های قابل کشت

در هر یک از رویشگاه‌های مورد مطالعه نرخ رسوب گرد و غبار بر سطح برگ با استفاده از روش توزین، بر طبق دستورالعمل تغییر یافته Ram و همکاران (۲۴) و بر طبق معادله شماره یک محاسبه گردید. نحوه اندازه‌گیری بدین صورت بود که پس از شست و شوی سطح برگ محلول حاصله در آون خشک شده و رسوب باقیمانده با دقت ۰/۰۰۱ توزین و میزان رسوب گرد و غبار بر حسب گرم بر سانتیمتر مربع محاسبه گردید.

$$DD = (Wd - Wp)/A \quad (۱)$$

که در معادله مذکور DD میزان رسوب گرد و غبار (mg cm^{-2})، Wd وزن خشک پتری دیش حاوی ذرات گرد و غبار، Wp وزن خشک اولیه پتری دیش خالی و A کل سطح برگ (cm^2) می‌باشد.

جداسازی قارچ‌های قابل کشت در بازه زمانی ۴۸ ساعت پس از هر بار نمونه‌برداری انجام شد. ابتدا تک تک نمونه‌های برگ در لوله‌های فالتون جداگانه با آب مقطر استریل شست و شو داده شدند و آب حاصل از شست و شوی سطح برگ برای جداسازی قارچ‌های حمل شده توسط گرد و غبار و اندازه‌گیری میزان رسوب گرد و غبار مورد استفاده قرار گرفت. از نمونه‌های گرد و غبار بدست آمده از شست و شوی سطح برگ تعداد ۴ زیر نمونه

^۱ Potato Dextrose Agar

^۲ Water Agar

^۳ Potato Dextrose Broth

نتایج نشان داد اکثریت قارچ‌های شناسایی شده متعلق به آسکومیست‌ها بودند و تنها سه OTU متعلق به بازیدیومیست‌ها شناسایی گردید. در میان این OTUها، *Cladosporium herbarum*، *Alternaria sp.*، *Microspheariopsis* و *Aureobasidium sp.* به ترتیب فراوان ترین قارچ‌های جدا شده از رسوب گرد و غبار بودند. برای بررسی تنوع عملکردی قارچ‌های شناسایی شده، لیست OTUها در پایگاه آنالین داده FUNGuild با لیست عملکردی قارچ‌های موجود مقایسه گردید. نتایج این بررسی بیانگر این نکته بود که طوفان‌های گرد و غبار تعداد زیادی بیمارگرهای گیاهی (مانند *Seimatosporium sp.*، *Fusarium sp.*، *Sporisorium sp.* و *Alternaria sp.*) با خود حمل می‌کنند. علاوه بر این تعدادی از OTUهای جدا شده در این پژوهش بیمارگرهای انسانی (*Quambalaria cyanescens*) و تعدادی نیز بیمارگرهای حیوانی (*Beauveria sp.*، *Scytalidium sp.*) بودند.

نتایج آزمون ANOVA در مورد اندازه گیری میزان رسوب گرد و غبار بر سطح برگ درختان بلوط نشان داد که میزان رسوب گرد و غبار در رویشگاه‌های حسن آباد و سرمیل نسبت به سایر رویشگاه‌های مورد مطالعه به طور معنی‌داری ($P < 0.05$) پایین تر است. همچنین میزان رسوب گرد و غبار در تیر ماه به صورت معنی‌داری ($P < 0.05$) بالاتر از دو ماه خرداد و مرداد بود (شکل ۱).

نتایج مدل‌های مورد استفاده حاکی از این بود که تغییرات زمانی و مکانی تاثیر معنی‌داری بر شاخص‌های تنوع و غنای مورد بررسی نداشتند. اما نتایج همچنین بیانگر رابطه مثبت و معنی‌دار ($P < 0.05$) تنوع زیستی و غنای گونه‌ای قارچ‌های جدا شده از گرد و غبار با میزان رسوب سطحی بود. همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌گردد با افزایش میزان رسوب گرد و غبار بر سطح برگ غنا و تنوع قارچ‌های حمل شده توسط این ذرات نیز افزایش یافته بود.

بررسی نمودارهای NMDS (Stress value= 0.18) جوامع قارچ‌های رسوب گرد و غبار نیز نشان داد که تفاوت چندانی بین جوامع رویشگاه‌های مختلف و در زمان‌های مختلف وجود ندارد و بر اساس شاخص بری-کورتیس بکار رفته این جوامع با یکدیگر تشابه بالایی داشتند (شکل ۳).

حدود گونه‌ها و شناسایی واحدهای تاکسونومیک، نتایج BLAST برای هر دو قطعه ITS1 و ITS2 در نرم افزار MEGAN 5 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (۳۱). قطعات ITS1 و ITS2 در آستانه هویت ۹۷ درصد خوشه‌بندی شده و توانایی‌ها به واحدهای تاکسونومیک (OTU) دسته‌بندی شدند. بدین صورت که نزدیک ترین سطح تاکسونومیک مشترک در هر دو قطعه ITS مورد بررسی به عنوان واحد تاکسونومیک آن نمونه انتخاب گردید. این OTUهای بدست آمده برای آنالیزهای تنوع زیستی و اکولوژیک مورد استفاده قرار گرفتند.

تجزیه و تحلیل آماری و ترکیب جوامع

تغییرات زمانی و مکانی میزان رسوب سطحی گرد و غبار با استفاده از آزمون ANOVA مورد بررسی قرار گرفت. همچنین شاخص‌های تنوع زیستی شامل: شاخص تنوع شانون^۱، شاخص تنوع سیمپسون^۲ و غنای گونه‌ای^۳ برای هر یک از نمونه‌های رسوب گرد و غبار محاسبه گردید. لازم به ذکر است تمام محاسبات آماری در نرم افزار R v3.2.4 محاسبه گردید (۳۲) با استفاده از بسته VEGAN v2.3.5 (۳۳) انجام گردید. برای بررسی میزان تاثیر رسوب گرد و غبار بر تنوع زیستی قارچ‌های حمل شده توسط گرد و غبار با توجه به نوع توزیع داده‌ها از مدل‌های خطی (Linear Model) و مدل‌های خطی تعمیم یافته (Generalized Linear Models) استفاده گردید. با توجه به اهداف تحقیق ترتیب مدل‌های مورد استفاده به صورت معادله شماره ۲ بود:

$$Y \sim S * DD + T * DD \quad \text{معادله شماره (۲)}$$

که در این معادله Y شاخص‌های تنوع زیستی یا غنای گونه‌ای، DD مقدار رسوب گرد و غبار، S رویشگاه و T زمان نمونه برداری است. برای بررسی میزان تاثیر هر یک از متغیرهای مورد بررسی بر شاخص‌های مورد نظر نیز از آزمون‌های ANOVA استفاده گردید. برای بررسی تغییرات زمانی و مکانی ترکیب جوامع قارچ‌های رسوب گرد و غبار نیز از NMDS (Non-Metric Multidimensional Scaling) استفاده گردید.

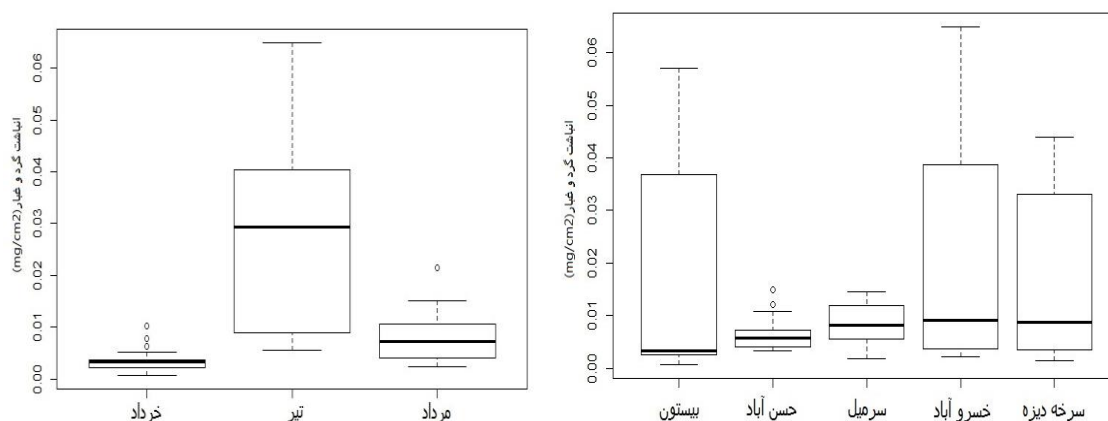
نتایج

نتایج شناسایی مولکولی قارچ‌های جدا شده از رسوب گرد و غبار منجر به شناسایی ۵۳ واحد تاکسونومیک (OTU) گردید.

¹ Shannon diversity index

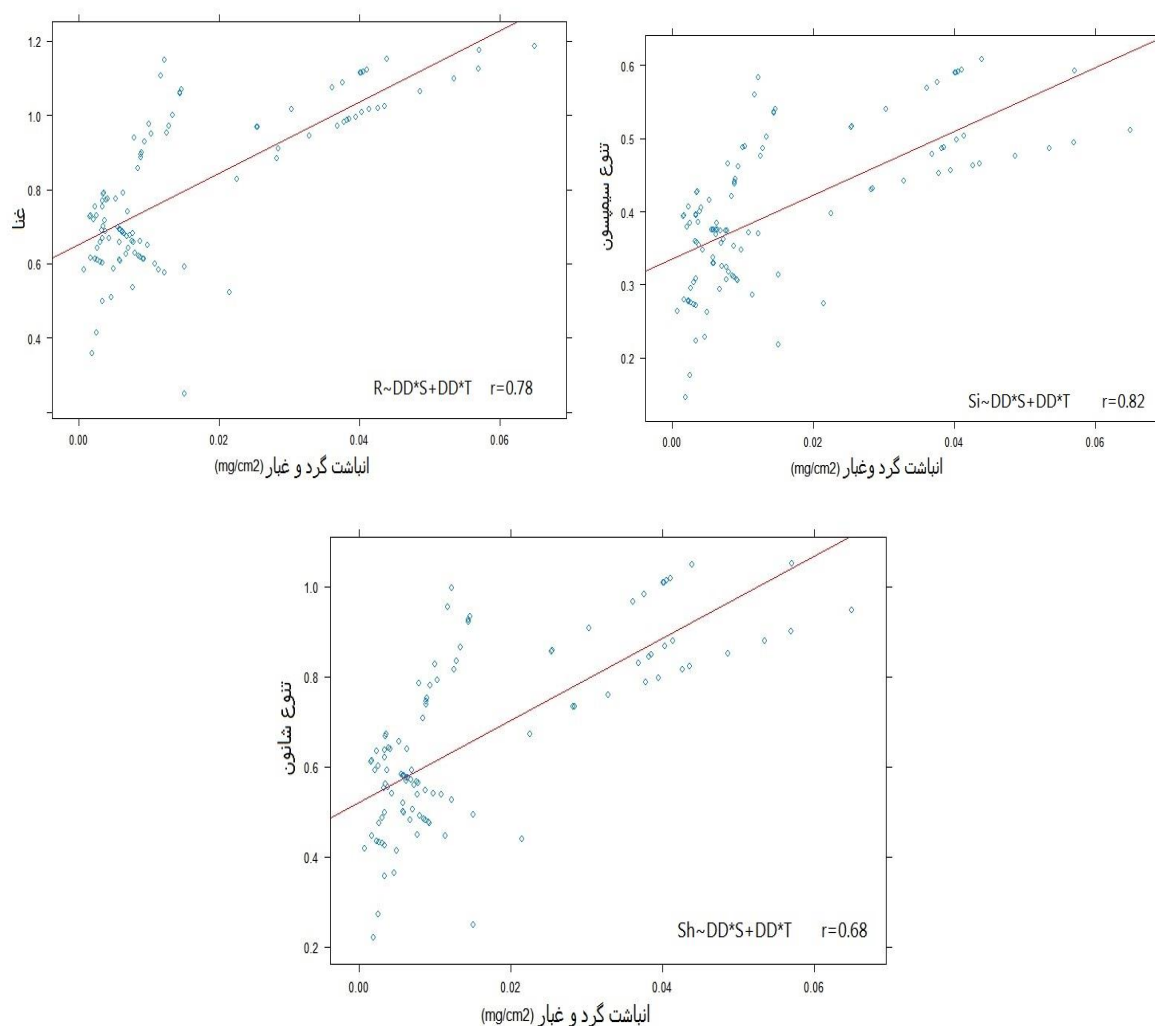
² Simpson diversity index

³ Richness



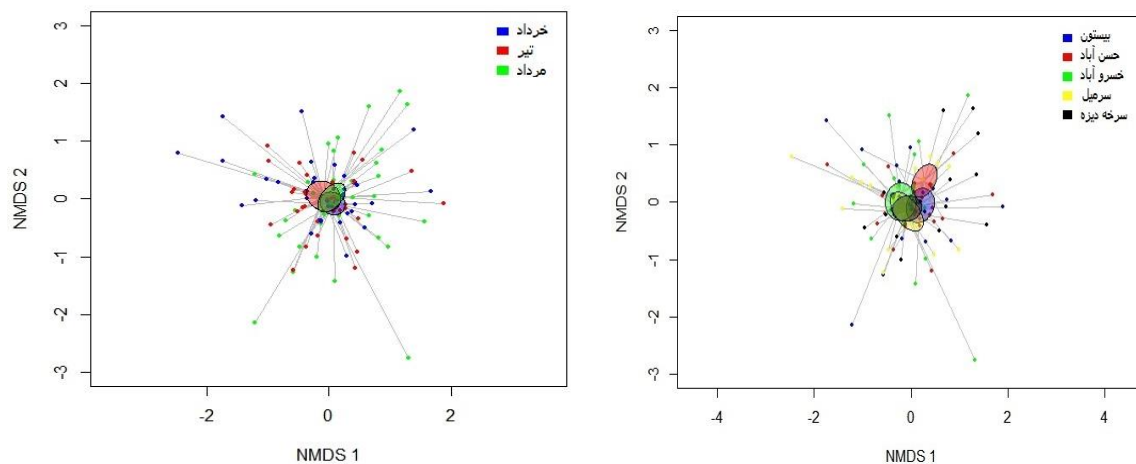
شکل ۱- تغییرات مکانی و زمانی میزان رسوب گرد و غبار بر سطح برگ درختان بلوط ایرانی. در این پلات ها خط تیره تر نمایانگر میانه داده ها، خط بالا نشانگر حد بالا و خط پایین نشانگر حد پایین داده ها می باشد. نقاط خارج از خطوط نیز داده پرت را نشان می دهند.

Figure 1 - Spatial and temporal changes in dust deposition on the leaf surface of Iranian oak trees. In these plots, the darker line represents the median of the data, the upper line represents the upper limit, and the lower line represents the lower limit of the data. Points outside the lines also represent outliers.



شکل ۲- رابطه بین شاخص های تنوع زیستی و غنای گونه ای قارچ های رسوب گرد و غبار با میزان رسوب سطحی.

Figure 2- Relationship between biodiversity indices and species richness of dust sediment fungi with surface sedimentation rate.



شکل ۳- تغییرات زمانی و مکانی ترکیب جوامع قارچی رسوب گرد و غبار.

Figure 3 - Temporal and spatial changes in the composition of dust sediment fungal communities.

از طرفی همانطور که گزارش شد مناطق مختلف نرخ رسوب گرد و غبار متفاوتی داشتند و تغییرات زمانی گرد و غبار نیز از نظر آماری معنی دار بود (شکل ۱). چنین اطلاعاتی با توجه به نتایج این تحقیق در مدیریت آبی سلامت و پایداری رویشگاه‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. نرخ رسوب ذرات گرد و غبار وابسته به غلظت گرد و غبار اتمسفری، شرایط آب و هوایی و مشخصات سطح رسوب است (۴۰). رویشگاه‌های سرمیل و حسن آباد دارای نرخ رسوب گرد و غبار پایین تری نسبت به سایر رویشگاه‌ها بودند که می‌تواند بیانگر تفاوت‌های رویشگاهی از نظر توپولوژی زمین باشد به طوریکه به عنوان مثال کوه‌های بلندی که این رویشگاه‌ها را احاطه کرده اند مانع از رسیدن میزان بالای گرد و غبار هستند و به همین علت نرخ رسوب کمتری در این مناطق مشاهده می‌شود. علاوه بر این، در حال حاضر انباشت گرد و غبار به عنوان یک کنترل کننده چرخه بیوژئوشیمیایی در بسیار از اکوسیستم‌ها پذیرفته شده است (۱۷، ۴۱). رویشگاه‌های با نرخ رسوب بالاتر گرد و غبار بیشتری را دریافت می‌کنند و به تبع آن میزان میکروارگانیسم‌های ورودی به آنها بالاتر است. لذا این رویشگاه‌ها مستعد تاثیرپذیری بالاتری از جانب میکروارگانیسم‌هایی مانند قارچ‌های بیمارگر حمل شده توسط گرد و غبار خواهند بود. از طرفی محققان اظهار داشتند که رسوب گرد و غبار می‌تواند از طریق مکانیسم‌هایی مانند کاهش فتوسنتز، کاهش تنفس، بستن روزنه‌های برگ، تغییر اسیدیته سطح برگ و تغییرات بیوژئوشیمیایی اندام‌های مختلف (۱۶، ۱۷) بر مقاومت درخت در مقابل بیمارگرها تاثیر منفی بگذارد. از سویی دیگر جوامع قارچ‌های رسوب گرد و غبار در رویشگاه‌های مختلف و در زمان‌های متفاوت انجام این تحقیق از تشابه بالایی برخوردار

بحث و نتیجه گیری

همانطور که در نتایج ذکر شد جوامع قارچ‌های قابل کشت رسوب گرد و غبار سطح برگ از تنوع زیستی نسبتاً بالایی برخوردار بود. تا کنون محققان زیادی به بررسی تنوع زیستی میکروارگانیسم‌های حمل شده توسط طوفان‌های گرد و غبار پرداخته اند و همگی بر این نکته که گرد و غبار از تنوع قارچی بالایی برخوردار است تاکید ورزیده اند (۳۴-۳۹). به عنوان مثال در پژوهشی که در اهواز انجام گردید و تاثیر طوفان‌های گرد و غبار بر تنوع و تراکم قارچ‌های قابل کشت بررسی شد، فراوان ترین جنس‌های قارچ حمل شده توسط این طوفان‌ها به ترتیب *Aspergillus*, *Alternaria*, *Cladosporium* و *Penicillium* گزارش گردید (۳۵). همچنین در تحقیق دیگر که در سال ۲۰۱۳ در شهر سئول کره جنوبی انجام شد، گزارش گردید که طوفان‌های گرد و غبار آسیایی نه تنها جوامع میکروارگانیسم‌های موجود در هوا را تغییر می‌دهند بلکه بر جوامع قارچ‌های اکوسیستم نیز تاثیر گذار هستند (۳۸). نتایج این تحقیق نشان داد رسوب گرد و غبار می‌تواند به عنوان معیاری برای سنجش شدت طوفان‌های گرد و غبار در بررسی تنوع زیستی میکروارگانیسم‌های مرتبط با این طوفان‌ها مورد استفاده قرار گیرد. با اینکه تمام قارچ‌های حمل شده توسط ذرات گرد و غبار بر سطوح گیاهان رسوب نمی‌کنند اما با مطالعه قارچ‌های موجود در رسوب گرد و غبار، می‌توان گونه‌هایی که پتانسیل تاثیر بیشتری بر اکوسیستم دارند را شناسایی نمود. همانطور که نتایج نشان داد برخی از قارچ‌های ورودی از طریق رسوب گرد و غبار بیمارگرهای گیاهی، حیوانی و بعضاً انسانی بودند که خود تاکید بر اهمیت چنین مطالعاتی در اکوسیستم‌های مختلف تحت این طوفان هاست.

توانایی سازگاری با اکوسیستم جدید را داشته و یا بتوانند به درون بافت‌های گیاهی نفوذ کنند (به طور مثال از طریق روزنه‌های برگ گیاهان) بالاتر می‌رود. لذا افزایش شدت و تعدد طوفان‌های گرد و غبار از این لحاظ می‌تواند صدمات جبران ناپذیری بر سلامت و پایداری اکوسیستم داشته باشد. استرس‌هایی مانند گرد و غبار در شدت‌های بالا منجر به کاهش تولید اولیه و ثانویه و کاهش ظرفیت و توانایی احیا اکوسیستم به حالت اولیه خود می‌گردد. به علاوه، ممکن است باعث افزایش شیوع بیماری‌ها، اختلال در چرخه عناصر غذایی، غلبه گونه‌های مهاجم و فرصت‌طلب گردد (۱۷). لذا مطالعه میزان رسوب گرد و غبار در اکوسیستم‌هایی مانند جنگل‌های زاگرس که به صورت متناوب تحت تاثیر طوفان‌های گرد و غبار هستند و از طرفی در سال‌های اخیر در اثر بیماری‌های قارچی رو به نابودی بوده‌اند، می‌تواند از اهمیت ویژه‌ای در حفظ پایداری و برنامه‌ریزی‌های آتی برخوردار باشد. با توجه به نتایج تحقیق حاضر شناسایی عوارض جانبی رسوب گرد و غبار بر سطح برگ می‌تواند بسیار مفید بوده و در پیش‌بینی و مدیریت بحران‌های ناشی از آن بسیار کارساز باشد. شناسایی بیمارگرهای موجود در رسوب گرد و غبار و مطالعات تکمیلی در زمینه مکانیسم اثرگذاری آنها از جمله این تحقیقات است. همچنین مطالعه سایر اثرات رسوب گرد و غبار بر سطوح گیاهی مانند تاثیر بر فتوسنتز و میزان تولید اولیه و ثانویه گیاهان و ارتباط آن با ضعف فیزیولوژیک گیاهان، نه تنها در اکوسیستم‌های جنگلی بلکه در مورد محصولات زراعی مناطق تحت تاثیر طوفان‌های گرد و غبار کاملاً ضروری به نظر می‌رسد.

تقدیر و تشکر

بدینوسیله از تمام افرادی که در انجام مراحل مختلف این تحقیق نویسندگان را یاری نمودند قدردانی می‌شود. همچنین لازم می‌دانیم از آقایان ولی الله مهدیزاده، محمد حق دوست، رضا حق دوست، وحید صمدی و فردین مرادی به پاس حمایت هایشان در زمان انجام مراحل مختلف این تحقیق سپاس‌گزاری نماییم.

فهرست منابع

- [1] Goudie AS. Dust storms: recent developments. Journal of environmental management. 2009; 90(1): 89-94.
- [2] Mahowald NM, Muhs DR, Levis S, Rasch PJ, Yoshioka M, Zender CS, et al. Change in atmospheric mineral aerosols in response to climate: Last glacial period, preindustrial, modern, and doubled carbon dioxide climates.

بودند (شکل ۳). این نتایج می‌تواند بیانگر این نکته باشد که تمام رویشگاه‌های مورد مطالعه تحت تاثیر طوفان‌هایی با منبع یکسان قرار دارند. همچنین طوفان‌های رخ داده در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد نیز با توجه به همپوشانی جوامع قارچی احتمالاً از یک منبع منشاء گرفته‌اند. منطقه غربی و جنوب غربی کشور به دلیل داشتن ویژگی‌های طبیعی از جمله مرتفع و کوهستانی بودن، داشتن بارندگی سالیانه بیشتر از متوسط کشوری و همچنین وجود پوشش گیاهی جنگلی و مرتعی که در مجموع آن را از مناطق خشک کشور جدا می‌کند، به عنوان یک منطقه منبع گرد و غبار به شمار نمی‌رود (به جز مناطق کوچکی در استان‌های ایلام و خوزستان) و در نتیجه بیشتر گرد و غبارهای فراگیر و گسترده‌ای که در این مناطق مشاهده می‌شود فرامحلی بوده و از نواحی دور و نزدیک دیگر منشأ می‌گیرند (۴۲). با توجه به تحقیقات انجام گرفته شرق سوریه، عراق و بیابان‌های عربستان به عنوان مناطق منبع گرد و غبار در غرب و جنوب غربی ایران شناسایی شده‌اند (۴۳). ذوالفقاری و عابدزاده (۴۲) علاوه بر مناطق فوق صحرای کبیر آفریقا را نیز به عنوان یکی از منابع طوفان‌های گرد و غبار مناطق غربی و جنوب غربی ایران ذکر کرده‌اند. نتایج مطالعه عزیز و همکاران نشان داده است که بیشینه روزهای گرد و غبار در این مناطق در ماه‌های مه، ژوئن و ژوئیه (معدل اواسط اردیبهشت تا اواسط مرداد ماه در تقویم شمسی) و کمینه آن در ماه‌های دسامبر و ژانویه (اواسط آذر تا اواسط بهمن ماه) است که با نتایج تحقیق حاضر مشخص شد بیشینه گرد و غبار در مناطق مورد مطالعه در تیر ماه اتفاق افتاده است.

نتایج بررسی تنوع زیستی قارچ‌های رسوب گرد و غبار در رابطه با میزان رسوب نشان دهنده افزایش معنی‌دار تنوع و غنای گونه‌ای با افزایش میزان رسوب گرد و غبار بود (شکل ۲). به عبارت دیگر با افزایش شدت طوفان‌های گرد و غبار تنوع قارچ‌های ورودی به اکوسیستم نیز افزایش می‌یابد. نتایج تحقیقات سایر محققان نیز بیانگر تنوع زیستی بالای طوفان‌های گرد و غبار است (۸، ۱۸، ۲۲، ۴۴). در تحقیقی که در تایوان انجام گرفت نیز اثبات شد که غلظت اسپور قارچ در هوا در روزهای گرد و غبار به طور معنی‌داری بالاتر است و غلظت *Nigrospora Aspergillus Penicillium Basidiospore* به صورت معنی‌داری با غلظت ذرات معلق در ارتباط بود (۳۷). به عبارتی دیگر با افزایش شدت این طوفان‌ها و افزایش تنوع قارچ‌های ورودی به اکوسیستم، احتمال تاثیرات منفی میکروارگانیسم‌هایی مانند قارچ‌ها به خصوص بر گیاهان افزایش می‌یابد. چرا که با افزایش میزان و تنوع قارچ‌ها به خصوص بیمارگرها به اکوسیستم، احتمال اینکه تعدادی از این بیمارگرها

- Journal of Geophysical Research: Atmospheres. 2006; 111(D10).
- [3] Miller R, Tegen I. Climate response to soil dust aerosols. *Journal of climate*. 1998; 11(12): 3247-67.
- [4] Kellogg CA, Griffin DW. Aerobiology and the global transport of desert dust. *Trends in ecology & evolution*. 2006; 21(11): 638-44.
- [5] Creamean JM, Suski KJ, Rosenfeld D, Cazorla A, DeMott PJ, Sullivan RC, et al. Dust and biological aerosols from the Sahara and Asia influence precipitation in the western US. *science*. 2013; 339 (6127): 1572-8.
- [6] Gallisai R, Peters F, Volpe G, Basart S, Baldasano JM. Saharan dust deposition may affect phytoplankton growth in the Mediterranean Sea at ecological time scales. *PloS one*. 2014; 9(10): e110762.
- [7] Naimabadi A, Ghadiri A, Idani E, Babaei AA, Alavi N, Shirmardi M, et al. Chemical composition of PM10 and its in vitro toxicological impacts on lung cells during the Middle Eastern Dust (MED) storms in Ahvaz, Iran. *Environmental pollution*. 2016; 2113: 16-24.
- [8] Griffin DW. Atmospheric movement of microorganisms in clouds of desert dust and implications for human health. *Clinical microbiology reviews*. 2007; 20(3): 459-77, table of contents.
- [9] Song Z, Wang J, Wang S. Quantitative classification of northeast Asian dust events. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 2007; 112(D4).
- [10] Brocato J, Sun H, Shamy M, Kluz T, Alghamdi MA, Khoder MI, et al. Particulate matter from Saudi Arabia induces genes involved in inflammation, metabolic syndrome and atherosclerosis. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*. 2014; 77(13): 751-66.
- [11] Ravi S, D'Odorico P, Breshears DD, Field JP, Goudie AS, Huxman TE, et al. Aeolian processes and the biosphere. *Reviews of Geophysics*. 2011; 49(3).
- [12] Gonzalez-Martin C, Teiggell-Perez N, Valladares B, Griffin DW. The Global Dispersion of Pathogenic Microorganisms by Dust Storms and Its Relevance to Agriculture. 2014; 127: 1-41.
- [13] Lawrence CR, Neff JC. The contemporary physical and chemical flux of aeolian dust: A synthesis of direct measurements of dust deposition. *Chemical Geology*. 2009; 267(1-2): 46-63.
- [14] Borgie M, Ledoux F, Dagher Z, Verdin A, Cazier F, Courcot L, et al. Chemical characteristics of PM2.5-0.3 and PM0.3 and consequence of a dust storm episode at an urban site in Lebanon. *Atmospheric Research*. 2016; 180: 274-86.
- [15] Norouzi S, Khademi H, Faz Cano A, Acosta JA. Using plane tree leaves for biomonitoring of dust borne heavy metals: A case study from Isfahan, Central Iran. *Ecological Indicators*. 2015; 57: 64-73.
- [16] Cape JN. Interactions of forests with secondary air pollutants: some challenges for future research. *Environmental pollution*. 2008; 155(3): 391-7.
- [17] Grantz DA, Garner JHB, Johnson DW. Ecological effects of particulate matter. *Environment international*. 2003; 29(2-3): 213-39.
- [18] Itani GN, Smith CA. Dust Rains Deliver Diverse Assemblages of Microorganisms to the Eastern Mediterranean. *Scientific reports*. 2016; 6: 22657.
- [19] Ruotsalainen A-L, Kozlov M. Fungi and air pollution: is there a general pattern. *New topics in environmental research*. 2006: 57-103.
- [20] Helander M. Responses of pine needle endophytes to air pollution. *The New phytologist*. 1995; 131: 223-9.
- [21] Griffin DW, Kubilay N, Koçak M, Gray MA, Borden TC, Shinn EA. Airborne desert dust and aeromicrobiology over the Turkish Mediterranean coastline. *Atmospheric Environment*. 2007; 41(19): 4050-62.
- [22] Rosselli R, Fiamma M, Deligios M, Pintus G, Pellizzaro G, Canu A, et al. Microbial immigration across the Mediterranean via airborne dust. *Scientific reports*. 2015; 5: 16306.
- [23] Fialkiewicz-Koziel B, Smieja-Krol B, Ostrovnya TM, Frontasyeva M, Sieminska A, Lamentowicz M. Peatland Microbial Communities as Indicators of the Extreme Atmospheric Dust Deposition. *Water, air, and soil pollution*. 2015; 97(4): 226.
- [24] Ram SS, Majumder S, Chaudhuri P, Chanda S, Santra SC, Maiti PK, et al. Plant canopies: bio-monitor and trap for re-suspended dust particulates contaminated with heavy metals. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 2012; 19(5): 499-508.
- [25] Safaei N, Alizadeh A, Saeidi A, Adam G, Rahimian H. Molecular characterization and genetic diversity among Iranian populations of *Fusarium graminearum*, the causal agent of wheat headblight. *Iranian Journal of Plant Pathology*. 2005; 41: 171-89.

- [26] Gardes M, Bruns TD. ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes-application to the identification of mycorrhizae and rusts. *Molecular ecology*. 1993; 2(2): 113-8.
- [27] White TJ, Bruns T, Lee SJWT, Taylor JW. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. *PCR protocols: a guide to methods and applications*. 1990; 18(1): 315-22.
- [28] Kears M, Moir R, Wilson A, Stones-Havas S, Cheung M, Sturrock S, et al. Geneious Basic: an integrated and extendable desktop software platform for the organization and analysis of sequence data. *Bioinformatics*. 2012; 28(12): 1647-9.
- [29] Abarenkov K, Tedersoo L, Nilsson RH, Vellak K, Saar I, Veldre V, et al. PlutoF - a Web Based Workbench for Ecological and Taxonomic Research, with an Online Implementation for Fungal ITS Sequences.: *Evolutionary Bioinformatics*; 2010. p. 189-96.
- [30] Nilsson RH, Veldre V, Hartmann M, Unterseher M, Amend A, Bergsten J, et al. An open source software package for automated extraction of ITS1 and ITS2 from fungal ITS sequences for use in high-throughput community assays and molecular ecology. *Fungal Ecology*. 2010; 3(4): 284-7.
- [31] Huson DH, Mitra S, Ruscheweyh H, Weber N, Schuster SC. Integrative analysis of environmental sequences using MEGAN4. *Genome research*. 2011; 21(9): 1552-60.
- [32] R-CoreTeam. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2015. URL <http://www.R-project.org>. 2016.
- [33] Oksanen J, Blanchet FG, Kindt R, Legendre P, Minchin PR, O'Hara RB, et al. *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.3-3. 2016.
- [34] Madsen AM, Schlunssen V, Olsen T, Sigsgaard T, Avci H. Airborne fungal and bacterial components in PM1 dust from biofuel plants. *The Annals of occupational hygiene*. 2009; 53(7): 749-57.
- [35] Soleimani Z, Goudarzi G, Naddafi K, Sadeghinejad B, Latifi SM, Parhizgari N, et al. Determination of culturable indoor airborne fungi during normal and dust event days in Ahvaz, Iran. *Aerobiologia*. 2012; 29(2): 279-90.
- [36] 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.
- [37] 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. *Atmospheric Environment*. 2004; 38(29): 4879-86.
- [38] Jeon EM, Kim YP, Jeong K, Kim IS, Eom SW, Choi YZ, et al. Impacts of Asian dust events on atmospheric fungal communities. *Atmospheric Environment*. 2013; 81: 39-50.
- [39] 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.
- [40] Lequy É, Conil S, Turpault M-P. Impacts of Aeolian dust deposition on European forest sustainability: A review. *Forest Ecology and Management*. 2012; 267: 240-52.
- [41] Derry LA, Chadwick OA. Contributions from Earth's atmosphere to soil. *Elements*. 2007; 3(5): 333-8.
- [42] Zolfaghari H, Abedzadeh H. Synoptic analysis of dust systems in western Iran. *Journal of Geography and Development*. 2005: 173-88.
- [43] Azizi. Q., Pour. Esh, Miri M., Safrad T. Statistical-Synoptic Analysis of Dust Phenomenon in the Western Half of Iran *Environmental*. 2011; 38(3): 123-34.
- [44] Al-Barakah F, Radwan S, Modaihsh A. Seasonal and spatial variation of microbial contents in falling dust in Riyadh city, Saudi Arabia. *Int J Curr Microbiol App Sci*. 2014; 3(10): 647-56.