

## ارزیابی اثر گردوغبار و بیماری زغالی بلوط بر مشخصه‌های زیستی بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) در استان ایلام

کژال منوچهری<sup>۱\*</sup>، محمدرضا کاوسی<sup>۲</sup>، مهدی پورهاشمی<sup>۳</sup> و منوچهر بابانژاد<sup>۴</sup>

\*- نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران  
پست الکترونیک: manoochehri2011@ut.ac.ir

۲- دانشیار، گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۳- دانشیار، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۴- دانشیار، گروه آمار، دانشکده علوم، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۲۴

### چکیده

زوال جنگل، برآیند تأثیر متقابل خشک‌سالی و یخ‌بندان‌های زودهنگام، سن درختان، کیفیت رویشگاه، آفات و بیماری‌ها و پدیده گردوغبار است. با توجه به بروز بحران زوال بلوط، شیوع بیماری زغالی و نیز رخداد طوفان‌های گردوغبار در جنگل‌های زاگرس، پژوهش پیش‌رو با هدف اندازه‌گیری مقدار ذرات گردوغبار ته‌نشست‌شده روی برگ بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) و بررسی مشخصه‌های زیستی درختان سالم و بیمار این گونه در بخشی از جنگل‌های هیانان در شمال‌شرقی شهر ایلام انجام شد. برای اندازه‌گیری ویژگی‌های بیوشیمیایی، بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی و آنزیم‌ها و مقدار رسوب خشک گردوغبار روی برگ، از بخش‌های متفاوت تاج هر پایه به‌طور تصادفی نمونه‌گیری شد. میانگین رسوب خشک گردوغبار در واحد سطح برگ درختان بلوط ایرانی طی سه دوره نمونه‌برداری از ۰/۲۱ تا ۰/۲۶ میلی‌گرم در سانتی‌متر مربع متغیر بود. از این نظر تفاوت معنی‌داری بین درختان سالم و بیمار مشاهده نشد. مقدار کلروفیل‌های a، b و کل و کاروتنوئید در پایه‌های سالم (به‌ترتیب ۰/۰۳، ۰/۰۶، ۰/۰۱ و ۰/۱۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) به‌طور معنی‌داری بیشتر از درختان بیمار (۰/۰۳۸، ۰/۰۵، ۰/۰۸ و ۰/۱۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) به‌دست آمد. همچنین، مقدار آنتی‌اکسیدان و کاتالاز در برگ درختان سالم به‌ترتیب با ۵۶/۹ درصد و ۰/۰۱ واحد بر میلی‌گرم پروتئین به‌طور معنی‌داری بیشتر از درختان بیمار با مقادیر ۴۲/۸ درصد و ۰/۰۰۸ واحد بر میلی‌گرم پروتئین بودند. فنل و فلاونوئید بیشتری در برگ درختان بیمار (به‌ترتیب ۱۶۹/۹ و ۴۷/۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) نسبت به برگ پایه‌های سالم (به‌ترتیب ۱۱۴/۵ و ۳۶/۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مشاهده شد. در مجموع، می‌توان گفت که بلوط ایرانی در جنگل‌های مورد مطالعه علاوه‌بر توانایی زیاد در حفظ و نگهداشت ذرات گردوغبار، در برابر عوامل ایجاد بیماری زغالی بسیار مقاوم است.

واژه‌های کلیدی: رسوب خشک، فلاونوئید، فنل، کاروتنوئید، کلروفیل.

## مقدمه

به دنبال تغییر اقلیم و گرم شدن هوا، طوفان‌های گردوغبار در حال گسترش هستند. اگر این طوفان‌ها در غرب کشور تاکنون پدیده‌ای نادر قلمداد می‌شدند، با روند افزایشی دمای کره زمین علاوه بر جنوب ایران، مناطق غربی کشور نیز به‌طور مکرر با آن مواجه خواهند شد (Shahbazi et al., 2015). هنگامی که سرعت باد در بیابان‌ها از حد آستانه بیشتر می‌شود، ذرات ریز تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله زبری عناصر سطوح، رطوبت خاک، اندازه ذرات، پوشش گیاهی، بافت خاک و پستی و بلندی‌های زمین به جو وارد شوند و گردوغبار را به‌وجود آورند (Ataei & Heidari, 2017). از جمله مناطق کشور که در معرض مستقیم طوفان‌های گردوغبار قرار دارند، ناحیه رویشی زاگرس است (Moradi et al., 2017). گونه‌های جنس بلوط عناصر اصلی پوشش درختی این ناحیه را تشکیل می‌دهند (Sagheb Talebi et al., 2014). از سوی دیگر، در سال‌های اخیر (به تقریب از دو دهه پیش) بوم‌سازگان‌های جنگلی زاگرس تحت تأثیر پدیده زوال بلوط (Oak decline) قرار گرفته‌اند. این پدیده در نقاط دیگر دنیا (به ویژه در جنگل‌های بلوط اروپا)، سابقه طولانی (بیشتر از یک قرن) دارد. زوال جنگل نتیجه تأثیر متقابل عامل‌هایی مانند اقلیم به‌ویژه وقوع خشک‌سالی و یخبندان‌های زودهنگام، سن درختان، کیفیت رویشگاه، آفات و بیماری‌ها و نیز پدیده گردوغبار است (Pourhashemi et al., 2017). پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که گازهای سمی و گردوغبار می‌توانند از طریق روزنه‌ها به گیاه وارد شوند و ممکن است ترکیب گیاه را تغییر دهند. گردوغبار علاوه بر کاهش شدت نور دریافتی توسط برگ، با بستن منافذ روزنه‌ها در روند طبیعی تبادلات گازی (CO<sub>2</sub>) اختلال ایجاد می‌کند (Boochani & Fazeli, 2011) و سبب کاهش سرعت فتوسنتز می‌شود (Glaz et al., 2004). نتایج پژوهش Taheri Analojeh و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که افزایش گردوغبار در دوره کوتاه‌مدت هیچ تأثیری بر کاج تهران (*Pinus eldarica*) و زربین (*Cupressus sempervirens*)

(*Ligustrum var. horizontalis*) نداشت، اما در برگ‌نو (*Ligustrum ovalifolium*) تأثیر قابل توجهی بر کلروفیل و ساختارهای ریخت‌شناسی مانند طول ساقه و تعداد برگ گذاشت، بنابراین گیاه برای مقابله با این تنش با دو راهکار افزایش مقدار کلروفیل و افزایش پارامترهای ساختاری خود مواجه است (Taheri Analojeh et al., 2016). بررسی تبادل گاز برگ در نهال‌های سه‌ساله بلوط ایرانی / برودار (*Quercus brantii*)، وی‌ول (*Q. libani*) و دارمازو (*Q. infectoria*) نیز نشان داد که گردوغبار با انسداد روزنه‌ها، تأثیر منفی بر تبادل گاز و مقدار فتوسنتز در هر سه گونه داشت و فعالیت‌های فیزیولوژیکی آن‌ها را مختل کرد (Moradi et al., 2017).

قارچ *Biscogniauxia mediterranea* در جنگل‌های دارای آب‌وهوای مدیترانه‌ای به دلیل ایجاد شانکرهای زغالی در درختان بلوط، به یکی از مشکلات اساسی و مؤثر در خشکیدگی جنگل‌های بلوط جهان (آفریقا، آمریکای مرکزی، اسپانیا، ایالات متحده آمریکا، ایتالیا، ایران، پرتغال، ترکیه و روسیه) به‌ویژه در مناطقی که دچار تغییرات آب‌وهوایی شده‌اند، تبدیل شده است (Henriques et al., 2014). در بیشتر مناطق جنگلی زاگرس، بیماری زغالی به‌سرعت انتشار یافته و زوال درختان بلوط اتفاق افتاده است. مهم‌ترین عامل این رخداد، قارچ بیمارگر *B. mediterranea* محسوب می‌شود (Mirabolfathy et al., 2011). این قارچ در شرایط تنش خشکی و دمای بیشتر از حد معمول به‌شکل تهاجمی و سریع عمل کرده و ممکن است باعث خشکیدگی موضعی پوست، آوند چوبی و درنهایت، مرگ درختان در حال رشد شود (Karami et al., 2017).

با توجه به اثرات ذکر شده گردوغبار بر گونه‌های جنگلی و دامنه فعالیت قارچ عامل بیماری زغالی بلوط که به‌شکل اندوفیت است و در نظر داشتن این نکته که مناطق جنگلی هرساله در معرض رخداد‌های گردوغبار هستند، پژوهش پیش‌رو با هدف اندازه‌گیری مقدار ذرات گردوغبار ته‌نشست شده روی برگ بلوط ایرانی در یکی از کانون‌های درگیر در جنگل‌های استان ایلام در طول دوره رویش و بررسی

مشخصه‌های زیستی درختان سالم و درختان میزبان بیماری زغالی بلوط انجام شد.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در سال ۱۳۹۷ در بخشی از جنگل‌های هیانان در ۱۰ کیلومتری شمال شرقی شهر ایلام و در محدوده جغرافیایی طول ۲۶' ۴۶° تا ۳۰' ۴۶° شرقی و عرض ۴۱' ۳۳° تا ۴۵' ۳۳° شمالی انجام شد (Hosseini, 2016). براساس آمار بلندمدت (۱۳۶۶ تا ۱۳۹۷) ایستگاه هواشناسی سینوپتیک ایلام، این منطقه با آب‌وهوای معتدل کوهستانی دارای میانگین بارش سالانه ۵۵۶/۳ میلی‌متر است. بیشینه بارش در فصل زمستان (متوسط ۲۸۵/۵ میلی‌متر) و کمینه آن در تابستان (متوسط ۲/۷ میلی‌متر) نزول می‌کند. میانگین دمای سالانه هوا حدود ۱۷ درجه سانتیگراد است. دی‌ماه و تیرماه به ترتیب با میانگین ۴/۱ و ۲۹/۹ درجه سانتیگراد به‌عنوان سردترین و گرم‌ترین ماه‌های سال ثبت شده‌اند. میانگین رطوبت نسبی هوا ۴۰/۵ درصد و میانگین سرعت باد ۲/۲۸ متر بر ثانیه است. براساس نمودار آمبروترمیک ایلام، دوره خشک در منطقه مورد مطالعه پنج ماه طول می‌کشد که از اواسط اردیبهشت‌ماه آغاز شده و تا اواسط مهرماه ادامه دارد. منطقه مورد مطالعه از جمله اولین مناطق آلوده‌شده به بیماری زغالی در زاگرس به‌شمار می‌آید که در آن، درختان با توجه به آثار و شواهد بیماری از سال‌های پیش در دو گروه سالم و بیمار از یکدیگر قابل تشخیص بوده‌اند.

### روش پژوهش

برای بررسی مشخصه‌های زیستی درختان بلوط، ابتدا در منطقه مورد مطالعه توده‌ای به مساحت ۲ هکتار انتخاب شد که رویشگاه آن از نظر ویژگی‌های توپوگرافی (شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا) شرایط به‌نسبت یکنواخت و همگنی داشت. سپس براساس شواهد ظاهری (آثار شیرابه سیاه

روی تنه مربوط به سال پیش و خشکیدگی تاجی) درختان سالم و بیمار مشخص شدند. از هر گروه یا تیمار، شش درخت که از نظر ارتفاع، قطر تنه و قطر تاج مشابه بودند، به عنوان تکرار انتخاب شده و در قالب طرح فاکتوریل بر پایه کاملاً تصادفی بررسی شدند. به‌منظور اندازه‌گیری ویژگی‌های بیوشیمیایی (کلروفیل‌های a, b و کل، کارتنوئید، قند و پرولین) و بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی و آنزیم‌ها، از درختان انتخاب شده در جهت جنوبی و بخش میانی تاج، از هر پایه ۱۰ برگ کاملاً رشد یافته جمع‌آوری و در داخل ازت مایع به آزمایشگاه منتقل شد. برای بررسی مقدار رسوب خشک گردوغبار روی برگ، نمونه‌گیری از بخش‌های متفاوت تاج هر پایه و در چهار جهت اصلی جغرافیایی به صورت تصادفی انجام شد. برگ‌های مذکور در داخل پاکت‌های کاغذی به آزمایشگاه منتقل شدند. این نمونه‌ها به‌منظور برداشتن گردوغبار از سطح برگ به‌طور کامل در آب مقطر شسته شدند. با انجام سانتریفیوژ، ذرات گردوغبار از محلول جدا و در آن خشک و سپس، توزین شدند (Manouchehri et al., 2016). مساحت برگ‌ها نیز با استفاده از نرم‌افزار ImageJ اندازه‌گیری شد و میانگین آن‌ها به‌دست آمد. درنهایت، مقدار گردوغبار (میلی‌گرم) ته‌نشست‌شده در هر سانتی‌متر مربع از سطح برگ محاسبه شد. نمونه‌برداری در طول دوره رویش و طی سه مرحله در ماه‌های تیر، مرداد و شهریور انجام شد.

### اندازه‌گیری ویژگی‌های بیوشیمیایی برگ

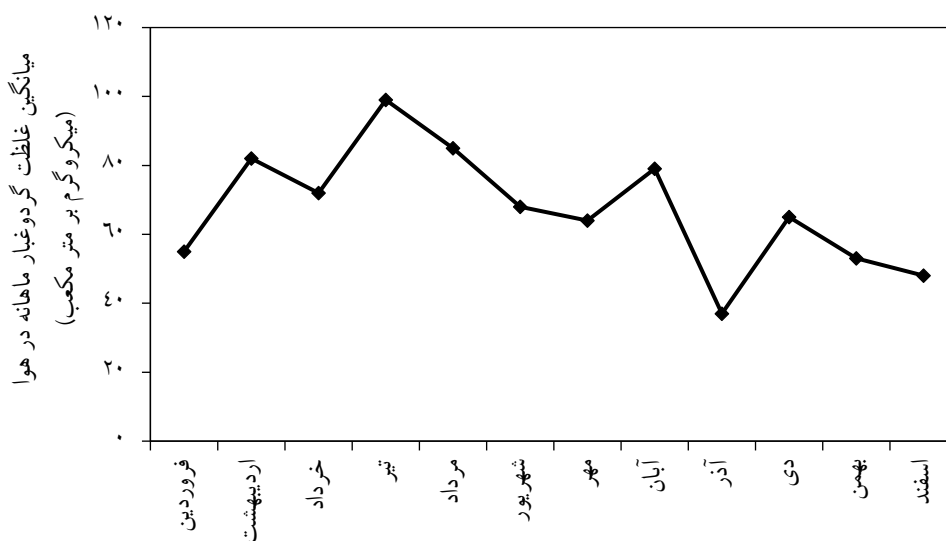
قند محلول در اتانول ۸۰ درصد مطابق با روش Irigoyen و همکاران (۱۹۹۲) اندازه‌گیری شد. محتوای کلروفیل‌های a, b کل و کاروتنوئید، مطابق با روش Arnon (۱۹۴۹) تعیین شدند. برای اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی و آنزیم‌های برگ، نمونه‌ها بلافاصله پس از جمع‌آوری، در ازت مایع فریز شده و در دمای ۸۰- درجه سانتیگراد نگهداری شدند. سپس، با استفاده از روش Miliuskas و همکاران (۲۰۰۴)، آنتی‌اکسیدان آن‌ها اندازه‌گیری شد. فعالیت آنزیم کاتالاز با استفاده از روش

شاپیرو- ویلک و مقایسه میانگین‌ها با آزمون t جفتی در نرم‌افزار مذکور انجام شد. برای رسم نمودارها و بررسی داده‌های اقلیمی از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

### نتایج

#### بخش غبار

براساس داده‌های ساعتی ثبت‌شده توسط اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان ایلام در سال ۱۳۹۷، بیشترین میانگین غلظت ماهانه ذرات معلق  $PM_{10}$  (ذرات با قطر آئروپنایمیکی کمتر یا مساوی ۱۰ میکرومتر) مربوط به تیرماه با میانگین ۹۹ میکروگرم بر متر مکعب و کمترین غلظت متعلق به آذرماه با میانگین ۳۷ میکروگرم بر متر مکعب بود (شکل ۱).



شکل ۱- میانگین گردوغبار موجود در هوای مختلف سال ۱۳۹۷ در شهر ایلام

شهریور)، مقدار فنل، فلاونوئید و آنتی‌اکسیدان در سطح اطمینان ۹۹ درصد و آنزیم کاتالاز در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای تفاوت معنی‌دار بودند، اما مقدار قند، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کارتنوئید، پرولین و آنزیم پراکسیداز تفاوت معنی‌داری نداشتند.

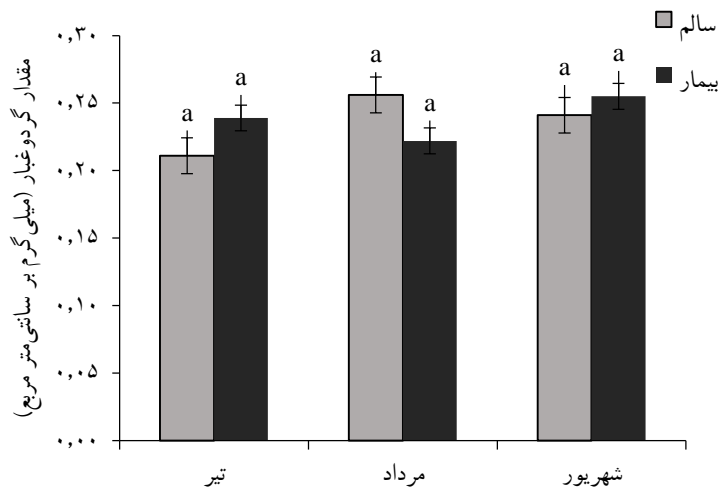
Bergmeyer (۱۹۷۰) و فعالیت آنزیم پراکسیداز با استفاده از روش Herzog و Fahimi (۱۹۷۳) اندازه‌گیری شد. غلظت پرولین نمونه‌ها در تولوئن با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر و در نهایت با توجه به منحنی به‌دست آمده از غلظت‌های پرولین، مقدار پرولین نمونه (برحسب گرم وزن تر) محاسبه شد (Bates et al., 1973). برای اندازه‌گیری فنل کل از روش فولین سیکالتو استفاده شد و پس از یک ساعت انکوباسیون، جذب نمونه‌ها در طول موج ۷۶۵ نانومتر خوانده شد (Khelifi et al., 2013). محتوای فلاونوئید برگ نیز با استفاده از روش Zhishen و همکاران (۱۹۹۱) تعیین شد.

#### تجزیه و تحلیل داده‌ها

بررسی تجزیه واریانس و همبستگی صفات با استفاده از نرم‌افزار R انجام شد، همچنین، نرمال بودن داده‌ها با آزمون

میانگین رسوب خشک گردوغبار در واحد سطح برگ بلوط برای درختان سالم و بیمار در تیرماه به ترتیب ۰/۲۱ و ۰/۲۳ در مرداد ماه ۰/۲۵ و ۰/۲۳ و در شهریور ماه ۰/۲۴ و ۰/۲۶ میلی‌گرم بود (شکل ۲).

تجزیه واریانس مشخصه‌های زیستی برگ درختان بلوط نشان داد که در دوره‌های مختلف نمونه‌برداری (تیر، مرداد و



شکل ۲- میانگین ( $\pm$  اشتباه معیار) گردوغبار سطح برگ درختان بلوط در ماه‌های نمونه‌برداری. (حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.)

دوره سوم (۵۲/۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) بود. کمترین میزان آنتی‌اکسیدان در دوره اول (۴۳/۵ درصد) و بیشترین آن در دوره سوم (۵۴/۱ درصد) بود. بیشترین مقدار پراکسیداز در دوره سوم (۰/۳۰ واحد بر میلی‌گرم پروتئین) و کمترین مقدار آن در دوره اول (۰/۲۵ واحد بر میلی‌گرم پروتئین) نمونه‌برداری بود. آنزیم کاتالاز در دوره اول با مقدار ۰/۰۱ واحد بر میلی‌گرم پروتئین بیشترین اندازه را داشت که با دوره دوم و سوم (۰/۰۹ و ۰/۰۰۹ واحد بر میلی‌گرم پروتئین) تفاوت معنی‌دار داشت. مقدار کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید در درختان سالم و بیمار تفاوت معنی‌داری داشت، به طوری که در درختان سالم به ترتیب ۰/۰۳، ۰/۰۶، ۰/۱ و ۰/۱۴ بیشتر از درختان بیمار با مقادیر ۰/۰۳۸، ۰/۰۵، ۰/۰۸ و ۰/۱۲ بود. همچنین، مقدار آنتی‌اکسیدان و کاتالاز در درختان سالم به ترتیب ۵۶/۹ و ۰/۰۱ با تفاوت معنی‌داری بیشتر از درختان بیمار ۴۲/۸ و ۰/۰۰۸ بود. مقدار فنل و فلاونوئید در درختان بیمار (۱۶۹/۹ و ۴۷/۸) بیشتر از درختان سالم (۱۱۴/۵ و ۳۶/۶) بود (جدول ۲).

جدول ۳ همبستگی مثبت و منفی و همچنین معنی‌دار بودن و یا عدم معنی‌داری آنرا در مشخصه‌های زیستی اندازه‌گیری شده با همدیگر نشان می‌دهد.

در درختان سالم و بیمار، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کاروتنوئید و آنزیم کاتالاز در سطح اطمینان ۹۵ درصد تفاوت معنی‌دار داشتند. مقدار فنل و فلاونوئید در درختان سالم و بیمار در سطح اطمینان ۹۹ درصد تفاوت معنی‌دار داشت و قند، پرولین و آنزیم پراکسیداز تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. در اثر متقابل زمان و وضعیت سلامت درختان، مقدار گردوغبار رسوب یافته روی سطح برگ درختان در سطح اطمینان ۹۵ درصد و فلاونوئید در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار بود، اما مقدار قند، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کاروتنوئید، پرولین، فنل، آنتی‌اکسیدان، آنزیم‌های اکسیداز و کاتالاز تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۱).

مقایسه میانگین مشخصه‌های زیستی اندازه‌گیری شده نشان داد که در دوره‌های مختلف نمونه‌برداری، مقدار فنل، فلاونوئید، آنتی‌اکسیدان و آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز با یکدیگر تفاوت معنی‌دار داشتند. کمترین مقدار فنل در دوره اول نمونه‌برداری (۱۲۷/۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و بیشترین آن در دوره سوم نمونه‌برداری (۱۶۰/۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مشاهده شد. کمترین مقدار فلاونوئید در دوره اول (۲۳/۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و بیشترین آن در

جدول ۱- تجزیه واریانس مشخصه‌های زیستی اندازه‌گیری شده در طول دوره رویش

عوامل تغییرات	درجه آزادی	قند	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید	پرولین	فنل	فلاونوئید	آنتی اکسیدان	پراکسیداز	کاتالاز	وزن غبار
زمان	۲	۹/۸۳۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۳ <sup>ns</sup>	۲۲۵/۲ <sup>ns</sup>	۳۳۴۲/۵ <sup>**</sup>	۳۱۸۶/۶ <sup>**</sup>	۶۶۰/۱ <sup>**</sup>	۸۹/۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۴ <sup>*</sup>	۰/۰۰۰۰۶ <sup>ns</sup>
وضعیت سلامت	۱	۱۳۱/۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۵ <sup>*</sup>	۰/۰۰۰۰۱ <sup>*</sup>	۰/۰۰۰۰۳ <sup>*</sup>	۰/۰۰۰۰۴ <sup>*</sup>	۲۹/۲ <sup>ns</sup>	۲۷۶۴۴/۰۵ <sup>**</sup>	۱۱۱۳/۳ <sup>**</sup>	۹۱۵/۸ <sup>**</sup>	۰/۱۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۷ <sup>*</sup>	۰/۰۰۰۰۸ <sup>ns</sup>
زمان × وضعیت سلامت	۲	۶۲۲/۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۶ <sup>ns</sup>	۱۲۵/۴ <sup>ns</sup>	۱۴/۰۳ <sup>ns</sup>	۱۸۳/۳ <sup>**</sup>	۶/۱ <sup>ns</sup>	۱/۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۱ <sup>*</sup>
خطا		۴۶۹/۴	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۹	۱۰۸/۶	۳۰۲/۵	۳۳/۳	۱۵/۸	۳۶	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۳
ضریب تغییرات		۱۵/۲۴	۲۴/۸	۲۴/۳	۲۴/۵	۲۲/۳	۲۸/۳	۱۲/۲	۱۳/۶	۷/۶	۲۲/۳	۸۷/۷	۲۲/۲

\* معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ \* معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد؛ <sup>ns</sup> غیر معنی‌دار

جدول ۲- مقایسه میانگین مشخصه‌های زیستی اندازه‌گیری شده در طول دوره رویش

کاتالاز	پراکسیداز	آنتی اکسیدان	فلاونوئید	فنل	پرولین	کاروتنوئید	کلروفیل کل	کلروفیل b	کلروفیل a	قند	تیمار
Units ) per mg of (protein	Units per) mg of (protein	(%)	( g/Mg)	( g/Mg)	( $\mu$ m/g)	(g/Mg)	(g/Mg)	(g/Mg)	(g/Mg)	(g/Mg)	
۰/۰۱ <sup>a</sup>	۲۴۹۶۰ <sup>b</sup>	۴۳/۵ <sup>c</sup>	۲۳/۴ <sup>b</sup>	۱۲۷/۶ <sup>b</sup>	۳۱/۸ <sup>a</sup>	۰/۱۳ <sup>a</sup>	۰/۰۸ <sup>a</sup>	۰/۰۵ <sup>a</sup>	۰/۰۳۲ <sup>a</sup>	۱۵۱/۸ <sup>a</sup>	دوره اول
۰/۰۰۹ <sup>b</sup>	۲۶۲۷۹ <sup>ab</sup>	۵۷/۸ <sup>a</sup>	۵۰/۵ <sup>a</sup>	۱۳۸/۶ <sup>b</sup>	۴۰/۱ <sup>a</sup>	۰/۱۳ <sup>a</sup>	۰/۱ <sup>a</sup>	۰/۰۶ <sup>a</sup>	۰/۰۳۷ <sup>a</sup>	۱۳۶/۹ <sup>a</sup>	دوره دوم
۰/۰۰۹ <sup>b</sup>	۳۰۲۱۳ <sup>a</sup>	۵۴/۱ <sup>b</sup>	۵۲/۶ <sup>a</sup>	۱۶۰/۴ <sup>a</sup>	۳۸/۰۹ <sup>a</sup>	۰/۱۴ <sup>a</sup>	۰/۰۹ <sup>a</sup>	۰/۰۵ <sup>a</sup>	۰/۰۳۴ <sup>a</sup>	۱۳۷/۷ <sup>a</sup>	دوره سوم
۰/۰۱ <sup>a</sup>	۲۷۲۲۱ <sup>a</sup>	۵۶/۹ <sup>a</sup>	۳۶/۶ <sup>b</sup>	۱۱۴/۵ <sup>b</sup>	۳۵/۸ <sup>a</sup>	۰/۱۲ <sup>b</sup>	۰/۰۸ <sup>b</sup>	۰/۰۵ <sup>b</sup>	۰/۰۳ <sup>b</sup>	۱۴۰/۲ <sup>a</sup>	درخت سالم
۰/۰۰۸ <sup>b</sup>	۲۷۰۸۰ <sup>a</sup>	۴۶/۸ <sup>b</sup>	۴۷/۸ <sup>a</sup>	۱۶۹/۹ <sup>a</sup>	۳۷/۶ <sup>a</sup>	۰/۱۴ <sup>a</sup>	۰/۱ <sup>a</sup>	۰/۰۶ <sup>a</sup>	۰/۰۳۸ <sup>a</sup>	۱۴۴/۰۷ <sup>a</sup>	درخت بیمار
۰/۰۲۹ <sup>a</sup>	۲۵۲۰۳/۵ <sup>a</sup>	۴۷/۸۰ <sup>b</sup>	۱۳/۴۹ <sup>d</sup>	۹۸/۶۷ <sup>d</sup>	۲۷/۲۸ <sup>b</sup>	۰/۱۳ <sup>ab</sup>	۰/۰۷ <sup>b</sup>	۰/۰۴ <sup>b</sup>	۰/۰۳ <sup>b</sup>	۱۴۵/۹ <sup>ab</sup>	درخت سالم
۰/۰۱۱ <sup>b</sup>	۲۴۷۱۵/۸ <sup>a</sup>	۳۹/۳۷ <sup>c</sup>	۳۳/۴۶ <sup>c</sup>	۱۵۶/۵۳ <sup>b</sup>	۳۶/۴۴ <sup>ab</sup>	۰/۱۴ <sup>ab</sup>	۰/۱۱ <sup>a</sup>	۰/۰۷ <sup>a</sup>	۰/۰۴ <sup>a</sup>	۱۵۷/۷ <sup>a</sup>	درخت بیمار
۰/۰۱۱ <sup>b</sup>	۲۵۸۹۰/۶ <sup>a</sup>	۶۳/۳۰ <sup>a</sup>	۴۸/۰۳ <sup>b</sup>	۱۱۱/۳۱ <sup>d</sup>	۴۰/۵۹ <sup>a</sup>	۰/۱۱ <sup>b</sup>	۰/۱۰ <sup>a</sup>	۰/۰۶ <sup>a</sup>	۰/۰۴ <sup>a</sup>	۱۴۳/۳ <sup>ab</sup>	درخت سالم
۰/۰۰۷ <sup>b</sup>	۲۶۶۶۶/۵ <sup>a</sup>	۵۲/۴۷ <sup>b</sup>	۵۳/۱۶ <sup>ab</sup>	۱۶۶ <sup>b</sup>	۳۹/۷۹ <sup>a</sup>	۰/۱۵ <sup>a</sup>	۰/۱۱ <sup>a</sup>	۰/۰۷ <sup>a</sup>	۰/۰۴ <sup>a</sup>	۱۳۰/۵ <sup>b</sup>	درخت بیمار
۰/۰۱۲ <sup>b</sup>	۳۰۵۶۷/۸ <sup>a</sup>	۵۹/۶۴ <sup>a</sup>	۴۸/۵۶ <sup>b</sup>	۱۳۳/۵۵ <sup>c</sup>	۳۹/۵۷ <sup>a</sup>	۰/۱۴ <sup>ab</sup>	۰/۰۹ <sup>ab</sup>	۰/۰۵ <sup>ab</sup>	۰/۰۳ <sup>ab</sup>	۱۳۱/۵ <sup>b</sup>	درخت سالم
۰/۰۰۸ <sup>b</sup>	۲۹۸۵۸/۵ <sup>a</sup>	۴۸/۶۵ <sup>b</sup>	۵۶/۸۳ <sup>a</sup>	۱۸۷/۲۶ <sup>a</sup>	۳۶/۶۲ <sup>ab</sup>	۰/۱۵ <sup>ab</sup>	۰/۱۰ <sup>a</sup>	۰/۰۶ <sup>a</sup>	۰/۰۴ <sup>a</sup>	۱۴۴ <sup>ab</sup>	درخت بیمار

حروف متفاوت در ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.

جدول ۳- همبستگی مشخصه‌های زیستی اندازه‌گیری شده و وزن گردوغبار در واحد سطح برگ

مشخصه زیستی	قند	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کارتوتنئید	پرولین	فنل	فلاونوئید	آنتی‌اکسیدان	پراکسیداز	کاتالاز	وزن گردوغبار در هر سانتی‌متر مربع برگ
قند	۱											
کلروفیل a	۰/۲۱	۱										
کلروفیل b	۰/۱۵	۰/۹۸**	۱									
کلروفیل کل	۰/۱۸	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۱								
کارتوتنئید	-۰/۰۰۵	۰/۵۱**	۰/۴۴**	۰/۴۷**	۱							
پرولین	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۹	۰/۱۸	-۰/۱۲	۱						
فنل	۰/۰۳	۰/۲۹	۰/۲۳	۰/۲۵	۰/۲۸	۰/۱۷	۱					
فلاونوئید	-۰/۲۵	۰/۳۲*	۰/۳۴*	۰/۳۳*	۰/۰۶	۰/۳۲	۰/۵۴**	۱				
آنتی‌اکسیدان	-۰/۲۷	۰/۰۴	۰/۱	۰/۰۷	-۰/۲۲	۰/۱۳	-۰/۳۵*	۰/۴*	۱			
پراکسیداز	-۰/۱۴	-۰/۰۰۲	-۰/۰۴	-۰/۰۳	۰/۱۸	۰/۵	۰/۲۴	۰/۲۸	۰/۱۱	۱		
کاتالاز	-۰/۰۳	-۰/۳۸*	-۰/۳۹*	-۰/۳۹**	-۰/۱۴	-۰/۱۸	-۰/۳۹*	-۰/۵۳**	-۰/۱۳	۰/۰۵	۱	
وزن گردوغبار در هر سانتی‌متر مربع برگ	-۰/۰۳	-۰/۰۱	۰/۰۰۵	-۰/۰۰۷	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۰۲	۰/۲۷	۰/۲۳	-۰/۲	۰/۲۱	۱

\*\* معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ \* معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد؛ \*\* غیر معنی‌دار

## بحث

سطح هر گونه افزایش می‌یابد، اما مقدار گردوغبار در واحد سطح برگ به ساختار ریخست‌شناسی برگ مانند وجود کرک یا چرمی‌شکل بودن، ضخامت و جنس کوتیکول، تعداد روزنه‌ها و زاویه قرار گرفتن برگ بستگی دارد (Liu et al., 2012). مشخص شده است که میانگین رسوب خشک گردوغبار بر سطح برگ در طیف وسیعی از گونه‌های درختی از ۰/۱۳۷ تا ۱/۳۵۲ میلی‌گرم بر سانتی‌متر مربع متفاوت است (Das & Prasad, 2012). همچنین، مقدار نشست سطحی گردوغبار در سطح برگ‌های چنار، ون و افاقیا به ترتیب ۰/۱، ۰/۰۴۵ و

در چند سال گذشته، روش‌های مختلفی (روش‌های میدانی و مدل‌های فیزیکی و عددی) برای ارزیابی عملکرد جذب، حفظ و نگهداشت ذرات گردوغبار معلق موجود در هوا بر پوشش گیاهی معرفی شده است. با این حال، پژوهش‌های اندکی در مورد کمی‌سازی جذب ذرات در پوشش گیاهی شهری انجام شده‌اند (Taheri Analojeh et al., 2016). در گونه‌های مختلف، توانایی جذب و حفظ گردوغبار متفاوت است. با افزایش شدت آلودگی، مقدار رسوب گردوغبار در



(Szabados & Savouré, 2010). نتایج مقایسه میانگین‌ها بین درختان سالم و بیمار و نیز در زمان‌های متفاوت و اثر متقابل آن‌ها در پژوهش پیش‌رو نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در مقدار پرولین برگ‌های برودار بود. در بررسی همبستگی ویژگی‌ها نیز گردوغبار با آن، همبستگی مثبت و غیرمعنی‌دار نشان داد. به نظر می‌رسد که مقدار گردوغبار محیط به‌حدی نبود که سبب تفاوت مقدار پرولین شود. Roushani Nia و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی اثر گردوغبار بر نهال‌های بلوط ایرانی در شرایط شبیه‌سازی شده گزارش کردند که افزایش گردوغبار سبب کاهش معنی‌دار کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید و افزایش مقدار کربوهیدرات شد، اما تغییری در مقدار پرولین ایجاد نکرد. بررسی اثر گردوغبار بر کاج تهران نیز حاکی از آن بود که کلروفیل و پرولین تحت تأثیر گردوغبار قرار نمی‌گیرند (Taheri Analojeh et al., 2016).

نتایج دیگر پژوهش پیش‌رو نشان داد که مقدار فلاونوئید و فنل در طول دوره نمونه‌برداری و بین درختان سالم و بیمار باهم تفاوت معنی‌دار داشتند، به طوری که بیشینه آن‌ها در شهریورماه و در درختان بیمار مشاهده شد. ترکیبات فلاونوئیدی در برگ به‌عنوان گیرنده رادیکال‌های آزاد عمل می‌کنند، بنابراین گیاهان را در برابر تنش محافظت می‌کنند (Salehi Eskandari & Kaviani, 2014). ترکیبات فنلی نیز از اجزای کلیدی در دفاع اکسیداتیو گیاهان علیه پاتوژن هستند. تجمع ترکیبات فنلی سبب افزایش تحمل در برابر تنش‌های اکسیداتیو و در نتیجه، افزایش مقاومت درختان می‌شوند. Barbehenn و همکاران (۲۰۰۵) با بررسی ترکیبات فنلی موجود در برگ *Q. rubra* گزارش کردند که مقدار این ترکیبات در شرایط تنش بیشتر از شرایط بدون تنش است.

در مجموع، با توجه به نتایج پژوهش پیش‌رو و مقایسه آن با پژوهش‌های پیشین می‌توان گفت که بلوط ایرانی در شرایط رویشگاهی طبیعی جنگل‌های زاگرس، قابلیت زیادی در حفظ

۰/۰۴ میلی‌گرم در سانتی‌متر مربع گزارش شده است (Manouchehri et al., 2016). نمودار میانگین غلظت ماهانه ذرات PM<sub>10</sub> طی سال ۱۳۹۷ در پژوهش پیش‌رو نشان داد که غلظت ذرات در تیرماه بیشتر از ماه‌های مرداد و شهریور بود. از سوی دیگر، رسوب خشک ذرات بر سطح برگ بلوط در طول دوره رویش (ماه‌های تیر، مرداد و شهریور) و نیز بین پایه‌های سالم و بیمار، تفاوت معنی‌داری نداشت و از ۰/۲۱ تا ۰/۲۶ میلی‌گرم در سانتی‌متر مربع برگ متفاوت بود، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که بلوط ایرانی، قابلیت زیادی در حفظ و نگهداشت ذرات گردوغبار دارد. این قابلیت متأثر از ویژگی‌های سطح برگ این گونه است. جدول همبستگی مشخصه‌های اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد که مقدار گردوغبار با رنگ‌دانه‌های برگ همبستگی منفی غیرمعنی‌دار دارد. به نظر می‌رسد که گردوغبار طبیعی سبب ایجاد تنش در گونه مورد مطالعه در این پژوهش نشده است، اما از سوی دیگر، مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) نشان داد که این رنگ‌دانه‌ها به‌همراه آنتی‌اکسیدان، فنل و فلاونوئید و نیز آیزیم کاتالاز بین درختان سالم و بیمار، تفاوت معنی‌داری داشتند. رنگ‌دانه‌های کلروفیل از مهم‌ترین عوامل زیستی گیاه هستند که مقدار آن‌ها تحت تأثیر تنش‌های محیطی مانند عوامل بیماری‌زا و تنش خشکی کاهش می‌یابند (Heuser & Zimmer, 2002; Saravana Kumar & Sarala Thambavani, 2012). به دنبال تخریب رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی و کاهش مقدار کلروفیل از کارایی فتوسنتز نیز کاسته می‌شود. این امر ممکن است در نتیجه اکسیداسیون نوری رنگ‌دانه‌ها، تجزیه کلروفیل و یا کمبود سنتز کلروفیل با تغییر در ترکیبات غشای تیلاکوئید رخ دهد. در پژوهش‌های پیشین نیز کاهش محتوای کلروفیل و کاروتنوئید در گونه‌های مختلف تحت تأثیر بیمارگر قارچی گزارش شده است (Dinis et al., 2011).

پرولین به‌عنوان یک تنظیم‌کننده اسمزی و املاح سازگار موجب تسهیل جذب آب تحت شرایط تنش‌زا می‌شود

- 425p (In German).
- Boochani, M.H. and Fazeli, D., 2011. Environment challenges and its consequences case study: Dust and its impact in the west of Iran. *Guideline of Political, Defense and Security Policy Making*, 2(3): 125-146 (In Persian).
  - Das, S. and Prasad, P., 2012. Particulate matter capturing ability of some plant species: Implication for phytoremediation of particulate pollution around Rourkela steel plant, Rourkela, India. *Nature Environment and Pollution Technology*, 11(4): 657-665.
  - Dinis, L.T., Peixoto, F., Zhang, C., Martins, L., Costa, R. and Gomes-Laranjo, J., 2011. Physiological and biochemical changes in resistant and sensitive chestnut (*Castanea*) plantlets after inoculation with *Phytophthora cinnamomi*. *Physiological and Molecular plant Pathology*, 75(4): 146-156.
  - Glaz, B., Morris, D.R. and Daroub, S.H., 2004. Sugarcane photosynthesis, transpiration, and stomatal conductance due to flooding and water table. *Crop Science*, 44(5): 1633-1641.
  - Henriques, J., Barrento, M.J., Bonifácio, L., Gomes, A.A., Lima, A. and Sousa, E., 2014. Factors affecting the dispersion of *Biscogniauxia mediterranea* in Portuguese cork oak stands. *Silva Lusitana*, 22(1): 83-97.
  - Herzog, V. and Fahimi, H.D., 1973. A new sensitive colorimetric assay for peroxidase using 3,3'-diaminobenzidine as hydrogen donor. *Analytical Biochemistry*, 55(2): 554-562.
  - Heuser, T. and Zimmer, W., 2002. Quantitative analysis of phytopathogenic ascomycota on leaves of pedunculate oaks (*Quercus robur* L.) by real-time PCR. *FEMS Microbiology Letters*, 209(2): 295-299.
  - Hoseini, A., 2016. Effects of altitude on tree species diversity in Hyanan oak forests of Ilam province. *Iranian Journal of Natural Ecosystems of Iran*, 23(1): 1-8.
  - Irigoyen, J.J., Emerich, D.W. and Sánchez-Díaz, M., 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiologia plantarum*, 84(1): 55-60.
  - Karami, J., Kavosi, M.R. and Babanezhad, M., 2017. Application of survival analysis methods to assess the effects of individual characteristics, habitat and environment on survival time of oak charcoal against the charcoal disease. *Iranian Journal of Forest and*

و نگهداشت ذرات گردوغبار دارد، به طوری که شرایط طبیعی گردوغبار سبب ایجاد تنش در این گونه نمی شود. افزایش محتوای مؤلفه های فنولیکی در گیاهان به وسیله تنش های زیستی و غیرزیستی اتفاق می افتد. این ترکیبات به عنوان آنتی اکسیدان های غیر آنزیمی در سازوکار مقاومت گیاه در برابر تنش های محیط زیستی عمل می کنند. پس افزایش ترکیبات مذکور در پایه های ناسالم بلوط ایرانی قابل انتظار بود. نتایج این پژوهش هم راستا با یافته های پژوهش های پیشین نشان داد که این گونه مقاومت زیادی به بیماری زغالی دارد. عوامل بیماری زای قارچی به طور معمول بیمارگرهای ثانویه هستند که در شرایط تنش خشکی و تغییر محتوای آب در اندام های گیاه از حالت نهفته به حالت بیماری زا تبدیل می شوند و سیستم دفاعی گیاه را در برابر پیشروی بیماری فعال می کنند. با توجه به افزایش روزافزون توسعه صنعت و تأثیر آن بر پدیده گرم شدن و تغییر اقلیم پیشنهاد می شود تأثیر عناصر سنگین موجود در گردوغبار بر مشخصه های زیستی و همچنین اثر آن بر عوامل اندوفیت بیماری های گیاهی بررسی شود.

### منابع مورد استفاده

- Arnon, D.I., 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24(1): 1-15.
- Ataei, H. and Heidari, M., 2017. Investigating the effect of climate change and dust on respiratory diseases (Case study: Ahvaz city). *Journal of Environment and Biotechnology Studies*, 3(2): 1-10 (In Persian).
- Barbehenn, R., Cheek, S., Gasperut, A., Lister, E. and Maben, R., 2005. Phenolic compounds in red oak and sugar maple leaves have prooxidant activities in the midgut fluids of *Malacosoma disstria* and *Orgyia leucostigma* caterpillars. *Journal of Chemical Ecology*, 31(5): 969-988.
- Bates, L.S., Waldren, R.P. and Teare, I.D., 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, 39: 205-207.
- Bergmeyer, H.U., 1970. *Methoden der enzymatischen Analyse*, Third Edition. Verlag Chemie, Weinheim,

2018. Effect of simulated dust storm on some biochemical features of Persian oak (*Quercus brantii* Lindl.). Quarterly Journal of Environmental Erosion Research, 8(1) 59-73 (In Persian).
- Sagheb Talebi, Kh., Sajedi, T. and Pourhashemi, M., 2014. Forests of Iran: A Treasure from the Past, a Hope for the Future. Springer, Dordrecht, 152p.
  - Salehi Eskandari, B. and Kaviani, M., 2014. Comparison of physiological and biochemical changes in healthy trees and willow branches gall (*Salix babylonica*). Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 27(5): 885-892 (In Persian).
  - Saravana Kumar, R. and Sarala Thambavani, D., 2012. Effect of cement dust deposition on physiological behaviors of some selected plant species. International Journal of Scientific and Technology Research, 1(9): 98-105.
  - Shahbazi, T., Saeedi, M., Jalali Honarmand, S. and Nosrati, E., 2015. Investigation of the effect of fine dust on physiological characteristics and yield of different wheat cultivars (*Triticum* sp.). Journal of Plant Process and Function, 5(15): 195-203 (In Persian).
  - Szabados, L. and Savouré, A., 2010. Proline: a multifunctional amino acid. Trends in Plant Science, 15(2): 89-97.
  - Taheri Analojeh, A., Azimzadeh, H.R., Mosleh Arani, A. and Sodaiezhadeh, H., 2016. Investigating and comparing short period impact of dust on physiological characteristics of three species of *Pinus eldarica*, *Cupressus sempervirens*, and *Ligustrum ovalifolium*. Arabian Journal of Geosciences volume 9(4): 244.
  - Thrall, P.H. and Burdon, J.J., 2000. Effect of resistance variation in a natural plant host-pathogen metapopulation on disease dynamics. Plant Pathology, 49(6): 767-773.
  - Zhishen, J., Mengcheng, T. and Jianming, W., 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. Food Chemistry, 64(4): 555-559.
  - Range Protection Research, 15(1): 53-66 (In Persian).
  - Khlifi, D., Sghaier, R.M., Amouri, S., Laouini, D., Hamdi, M. and Bouajila, J., 2013. Composition and anti-oxidant, anti-cancer and anti-inflammatory activities of *Artemisia herba-alba*, *Ruta chalapensis* L. and *Peganum harmala* L. Food and Chemical Toxicology, 55: 202-208.
  - Liu, L., Guan, D. and Peart, M.R., 2012. The morphological structure of leaves and the dust-retaining capability of afforested plants in urban Guangzhou, South China. Environmental Science and Pollution Research, 19(8): 3440-3449.
  - Liu, Z., Otto-Bliesner, B., Kutzbach, J., Li, L. and Shields C., 2003. Coupled climate simulation of the evolution of global monsoons in the Holocene. Journal of Climate, 16(15): 2472-2490.
  - Manouchehri, K., Shirvany, A., Attarod, P. and Khodakarami, Y., 2016. Size and distribution of dust particles deposited on leaves of *Fraxinus rotundifolia*, *Platanus orientalis*, and *Robinia pseudoacacia* trees in Paveh, west of Iran. Journal of Forest and Wood Products (Iranian Journal of Natural Resources), 69(1): 41-49 (In Persian).
  - Miliuskas, G., Venskutonis, P.R. and van Beek, T.A., 2004. Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. Food Chemistry, 85(2): 231-237.
  - Mirabolfathy, M., Groenewald, J.Z. and Crous, P.W., 2011. The occurrence of charcoal disease caused by *Biscogniauxia mediterranea* on chestnut-leaved oak (*Quercus castaneifolia*) in the Golestan forests of Iran. Plant Disease, 95(7): 876-876.
  - Moradi, A., Taheri Abkenar, K., Afshar Mohammadian, M. and Shabaniyan, N., 2017. Effects of dust on forest tree health in Zagros oak forests. Environmental Monitoring and Assessment, 189(11): 549.
  - Pourhashemi, M., Jahanbazi Goujani, H., Hoseinzade, J., Bordbar, S.K., Iranmanesh, Y. and Khodakarami, Y., 2017. The history of oak decline in Zagros forests. Journal of Iran Nature, 2(1): 30-37 (In Persian).
  - Roushani Nia, F., Naji, H.R., Bazgir, M. and Naderi, M.,

## Evaluating the effects of dust and intensity of oak charcoal disease on biological characteristics of Brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.) in the Ilam Province, Iran

K. Manouchehri <sup>1\*</sup>, M.R. Kavosi <sup>2</sup>, M. Pourhashemi <sup>3</sup> and M. Babanezhad <sup>4</sup>

1\* - Corresponding author, Ph.D. Student of Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: manoochehri2011@ut.ac.ir

2- Associate Prof., Department of Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

3- Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

4- Associate Prof., Department of Statistics, College of Sciences, Golestan University, Gorgan, Iran

Received: 24.11.2020

Accepted: 12.02.2021

### Abstract

Forest decline is the interactive result of factors such as climate, in particular the occurrence of drought and early frost, tree age, habitat quality, pests and diseases, and the phenomenon of dust. The aim of this study was 1) to measure the amount of dust particles deposited on Brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.) trees in a forest stand in Ilam province and 2) to survey the biological characteristics of healthy trees and those hosting oak charcoal disease. Random sampling was performed from different parts of the crown of each rootstock to measure biochemical traits, study of antioxidant activity and enzymes and amount of dry dust deposition on the leaf. On the leaves, samples were randomly drawn from different parts of the crown. The average dry deposited dust per unit leaf area of oak during the three sampling periods ranged from 0.21 to 0.26 mg/cm<sup>2</sup>. No significant difference was observed between healthy and diseased trees. The amount of chlorophyll a, b, total and carotenoids in healthy and diseased trees were significantly different, with observed 0.3, 0.06, 0.1 and 0.14 mg/g fresh weight in healthy trees, as well as over 0.038, 0.05, 0.08 and 0.12 mg/g fresh weight in diseased trees, respectively. In addition, the amount of antioxidants and catalase in healthy trees were 56.9 percent and 0.01 units per mg of protein, respectively, which were significantly higher than the diseased trees showing 42.8 and 0.008 units per mg of protein. The amount of phenol and flavonoids in diseased trees (169.9 and 47.8 mg/g fresh weight) was more than healthy trees (114.5 and 36.6 mg/g fresh weight). This study concludes that Brant's oak in the studied forest is very resistant to coal disease, added by its high ability to preserve and retain dust particles.

**Keywords:** Carotenoids, chlorophyll, dry sediment, flavonoids, phenol.