

سنجش عناصر سنگین در برگ درختان سالم و خشکیده بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) در منطقه جنگلی هلن استان چهارمحال و بختیاری

حسن جهانبازی گوجانی^{۱*}، یعقوب ایران منش^۲، محمود طالبی^۳، حمزه علی شیرمردی^۴، عبدالمحمد محنت کش^۵، مهدی پورهاشمی^۶، محسن حبیبی^۷

۱. استادیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد
۲. استادیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد
۳. مربی پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد
۴. کارشناس پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد
۵. استادیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
۶. دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران
۷. کارشناس، اداره کل محیط زیست استان چهارمحال و بختیاری، شهرکرد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۲۳، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۲۳

چکیده

پدیده زوال بلوط در جنگل‌های زاگرس، سطح گسترده‌ای را متأثر کرده است. آلاینده‌های موجود در گردوغبار، از مهم‌ترین عامل‌های زوال گونه‌های جنگلی زاگرس اعلام شده‌اند. در این پژوهش با هدف ارزیابی تأثیر گردوغبار بر زوال درختان بلوط (*Quercus brantii* Lindl.)، در ابتدای بهار ۱۳۹۵، شش تله رسوب‌گیر در منطقه هلن نصب و در پاییز، نمونه‌های گردوغبار از تله‌ها جمع‌آوری و پس از توزین، مقدار عناصر سنگین موجود در آنها اندازه‌گیری شد. در دو جهت جغرافیایی غالب (شمالی و جنوبی)، سه خط نمونه با فاصله‌های ثابت در ابتدا، وسط و انتهای منطقه پیاده و در هر خط نمونه سه قطعه نمونه دایره‌ای ۱۰۰۰ متر مربعی در سه طبقه ارتفاعی ۱۸۰۰-۱۵۰۰، ۲۰۰۰-۱۸۰۰ و بالاتر از ۲۰۰۰ متر از سطح دریا برداشت شد. در هر قطعه نمونه، از پنج درخت سالم و ناسالم، نمونه مرکب برگ تهیه و مقدار عناصر سنگین (سرب، کادمیوم، نیکل، آرسنیک و جیوه) آنها اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که مقدار کادمیوم و سرب در برگ درختان سالم به ترتیب ۰/۲۳۵ و ۰/۱۷۴ و در برگ درختان ناسالم به ترتیب ۰/۳۳۹ و ۰/۲۱۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود و این اختلاف معنی‌دار شد ($p \leq 0/01$). درختان بلوط جهت جنوبی نسبت به جهت شمالی عناصر سنگین بیشتری را جذب کردند و این اختلاف برای سرب و کادمیوم در سطح اطمینان ۹۹ درصد و برای آرسنیک در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار بود. به نظر می‌رسد تنش ناشی از جذب عناصر سنگین یکی از عامل‌های زوال بلوط باشد. نتایج این پژوهش نیز تأثیر عناصر سنگین موجود در گردوغبار بر سلامت درختان بلوط را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: تنش، زاگرس، زوال بلوط، عناصر سنگین، گردوغبار.

مقدمه

زوال بلوط (Oak decline) فرایندی پیچیده متأثر از فعل و انفعالات عامل‌های مستعدکننده و تحریک‌کننده است که در سطوح مختلف درختی و توده جنگلی عمل می‌کند و می‌تواند بر ترکیب گونه‌ها و ساختار جنگل تأثیر بگذارد [۱]. اولین نشانه‌های زوال بلوط به صورت خشک شدن حدود یک‌سوم تا نیمی از برگ‌های قسمت بالایی تاج و نوک شاخه‌ها نمود می‌یابد [۲]. بررسی‌ها نشان داده که در ابتدا نشانه‌های زوال روی شاخ و برگ درخت مشاهده می‌شود و پس از چند سال روی شاخه‌های اصلی گسترش می‌یابد [۳]. عامل‌های متعددی بر زوال بلوط مؤثرند که در دو دسته کلی زنده و غیرزنده طبقه‌بندی می‌شوند. واضح است که اثر متقابل و ترکیب عامل‌های زنده و غیرزنده نقش اساسی در بروز بحران زوال و گسترش آن دارد. در میان عامل‌های غیرزنده، عامل‌های مرتبط با اقلیم (پراکنش بارش، خشکسالی، دمای هوا)، خاک (کمبود یا فراوانی مواد غذایی، رویشگاه‌هایی با خاک هیدرومورفی، کوبیدگی خاک) و عامل‌های شیمیایی (نظیر آلودگی هوا و خاک) از جمله فاکتورهایی هستند که ویژگی‌های عمومی رویشگاه را تعیین می‌کنند. اثر این عامل‌ها به صورت مستقیم یا غیرمستقیم تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی است [۴].

حدود یک دهه است که جنگل‌های زاگرس با بحران زوال روبه‌رو شده‌اند که نتیجه آن، خشکیدگی و مرگ‌ومیر شمار زیادی از عناصر چوبی این جنگل‌ها به‌ویژه بلوط است [۵]. پدیده زوال بلوط را نمی‌توان از زوال جنگل و شرایط نامساعد محیط زیست شامل آلودگی هوا و تغییرات اقلیمی تفکیک کرد. به‌علاوه، حشرات و بیماری‌ها به‌طور آشکار بر مرگ درختان بلوط مؤثرند، اما فهم اثر آنها بر این چرخه و فرایند آن دشوار است. برخی از ویژگی‌های اکوسیستم که متأثر از فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی خاک نیز هستند بر سلامت درختان بلوط اثر می‌گذارد [۶]. منطقه خاورمیانه و ایران از سالیان گذشته با پدیده توفان‌های

گردوغبار روبه‌رو بوده است [۸،۷]. در سال‌های اخیر، گردوغبار در مناطق وسیعی از غرب، جنوب و مرکز کشور، پدیده حاکم در فصول مختلف سال بوده است [۶]. بیشتر توفان‌های گردوغباری در نواحی غربی و جنوب غربی کشور در بهار و تابستان رخ می‌دهند [۹]. گردوغبار و ترکیبات موجود در آن از مهم‌ترین منابع آلاینده هوا و از منابع مهم تنش و بروز پدیده زوال جنگل‌های زاگرس محسوب می‌شود. نتایج تجزیه نمونه‌های گردوغبار شهر اهواز نشان داد که اندازه فلزات سنگینی مانند مس، سرب، روی و نیکل در این نمونه‌ها بیشتر از حد طبیعی است [۱۰]. در منابع خارجی نیز به افزایش غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های گردوغبار اشاره شده است [۱۱].

تنش‌ها می‌توانند به صورت مستقیم و غیرمستقیم بر فتوسنتز برگ‌ها و جذب مواد غذایی و آب در ریشه‌ها اثرگذار باشند. تأثیر آنها بر یکی از اندام‌های گیاهی نظیر برگ‌ها می‌تواند سبب بروز آثار منفی در سایر قسمت‌ها و در نهایت در ریشه‌ها شود؛ تنش‌ها بر شاخه‌ها و تنه درخت نیز مؤثرند. این شرایط بحرانی در شاخ و برگ و ریشه‌ها ممکن است در پی اختلالات عملکردی تشدید شود [۶]. در یک پژوهش داخلی با هدف پایش آلودگی گردوغبار بر مبنای سمیت فلزات سنگین در خاک، برگ و ریشه بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.)، مقدار چهار عنصر روی، سرب، کادمیوم و نیکل جذب‌شده توسط برگ درختان سالم و در حال خشکیدن از اوایل بهار تا اواخر تابستان افزایش یافت و تفاوت آنها از نظر آماری معنی‌دار بود. همچنین بیان شد که توفان‌های گردوغبار می‌توانند همراه با دیگر عامل‌های تنش‌زا مانند تغییرات آب‌وهوایی، خشکسالی، هجوم آفات و چرای دام در کاهش مقاومت درختان بلوط در برابر خشکیدگی تأثیر داشته باشد [۱۲]. در پژوهشی دیگر مشخص شد که می‌توان آلودگی محیطی ناشی از جنگ خلیج فارس را با ردیابی فلزات سنگین سرب و کادمیوم در دواير رويشي

دامنه‌های شمالی و جنوبی منطقه حفاظت‌شده جنگلی هلن انجام گرفت. این منطقه که زیر نظر اداره کل محیط زیست استان چهارمحال و بختیاری مدیریت می‌شود، در سیستم UTM بین طول شرقی ۴۵۵۸۳۳ تا ۴۸۸۴۸۸ و عرض شمالی ۳۵۰۳۳۰۱ تا ۳۵۳۱۳۷۰ واقع شده (شکل ۱) و به استناد داده‌های هواشناسی استان، میانگین بارش آن در سه دهه اخیر (۱۳۹۵-۱۳۷۵) بین ۴۶۰ تا ۶۸۰ میلی‌متر در نوسان بوده است. خشکیدگی درختان در این منطقه از سال ۱۳۹۰ شروع و با گذشت زمان تشدید شده است، به طوری که در حال حاضر حدود ۵۰ درصد درختان، به درجات مختلف خشکیدگی مبتلا هستند. گونه غالب منطقه بلوط ایرانی است که بیشتر به فرم شاخه‌زاد رویش دارد. گونه‌هایی مانند بنه، زالک، کیکم، انواع بادام وحشی، بید، داغداغان و دافنه گونه‌های همراه بلوطاند که بسته به گستره حضورشان، تیپ‌های مستقلی را تشکیل می‌دهند.

روش پژوهش

در ابتدای بهار سال ۱۳۹۵ شش تله رسوب‌گیر به ابعاد ۱/۳ × ۱ متر (شکل ۲) در محل‌های امن با ارتفاع حدود سه متر متناسب با میانگین ارتفاع درختان نصب شد، به طوری که دست‌کم در تمام جهت‌های جغرافیایی وجود داشته باشد. در اوایل پاییز و پیش از شروع فصل بارش، با مراجعه به محل‌های نصب تله‌ها، گردوغبار روی صفحات شیشه‌ای جمع‌آوری شد. به‌طور معمول گردوغبار در مناطق جنگلی از جمله هلن منشأ خارجی دارد و به دلیل همجواری منطقه با استان خوزستان و جهت غالب باد از سمت این استان وارد می‌شود. گردوغبار هر کدام از تله‌ها پس از توزین، برای تعیین اندازه عناصر سنگین شامل کادمیوم، آرسنیک، نیکل، جیوه و سرب به آزمایشگاه خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان ارسال شد.

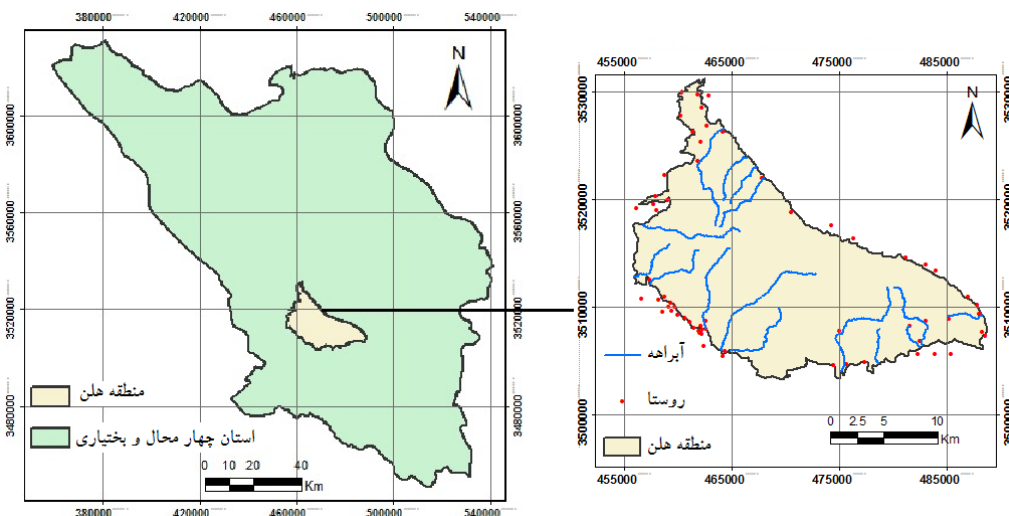
چند گونه درختی به اثبات رساند [۱۳]. در پژوهش‌های خارجی نیز آلودگی هوای بزرگراه‌ها به فلزات سنگین با استفاده از برگ‌های کاج شعاعی (*Pinus radiata*) ردیابی شده و تأثیر منفی آلودگی‌ها بر اختلال‌های فیزیولوژیکی این درختان اثبات شد [۱۴]. در دو پژوهش مجزا نیز، گونه‌های زبان‌گنجشک (*Fraxinus excelsior*) و خرزهره (*Nerium Oleander*) به‌عنوان گونه‌های زیست‌ردیاب معرفی شدند [۱۵، ۱۶].

بررسی ترکیبات موجود در گردوغبار به ویژه عناصر سنگین و تعیین مقدار جذب این عناصر توسط درختان بلوط شاداب و در حال خشکیدن می‌تواند تأثیر این ترکیبات در ایجاد تنش در این درختان و آثار نامطلوب حضور این عناصر در بافت گیاهی به ویژه در برگ درختان را مشخص کند؛ در این پژوهش، در بخشی از جنگل‌های استان چهارمحال و بختیاری به این موضوع پرداخته شد. این استان به دلیل مجاورت با استان خوزستان، در معرض گردوغبار ایجادشده در این استان قرار دارد. متأسفانه، به دلیل نبود دستگاه‌های ثبت‌کننده، تعداد روزهای دارای گردوغبار و شدت آن در استان ثبت نشده است. نصب تله‌های رسوب‌گیر در منطقه اجرای این پژوهش می‌تواند سهم ترکیبات مضر این آلاینده جوی را تعیین و تأثیر آن در بروز تنش و زوال درختان را مشخص کند. در این پژوهش، ضمن بررسی مقدار عناصر سنگین در گردوغبار موجود در یکی از کانون‌های مهم خشکیدگی در استان چهارمحال و بختیاری، انباشت این عناصر در برگ درختان سالم با درختان در معرض خشکیدن (ناسالم) مقایسه و تأثیر احتمالی وجود این عناصر بر خشکیدگی درختان بلوط تشریح شد.

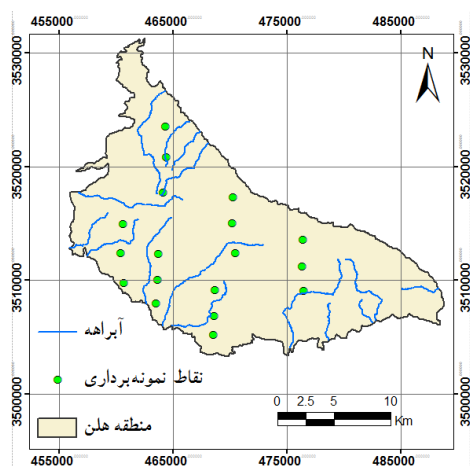
مواد و روش‌ها

منطقه تحقیق

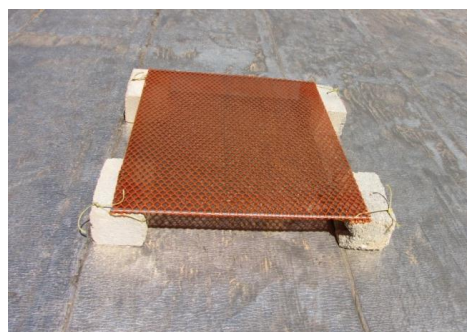
این پژوهش در گستره‌ای معادل ۲۰ هزار هکتار از



شکل ۱. موقعیت منطقه هلن در استان چهارمحال و بختیاری



شکل ۳. موقعیت قطعه نمونه‌ها در منطقه تحقیق



شکل ۲. تله رسوب‌گیر نصب‌شده در منطقه هلن

در هر قطعه نمونه، از پنج درخت شاداب و سالم و پنج درخت در حال خشکیدن بلوط، نمونه برگ از جهت‌های مختلف تاج جمع‌آوری شد. سپس انباشت عناصر سنگین موجود در گردوغبار نیز در برگ‌ها تعیین شد. جمع‌آوری گردوغبار از روی تله‌ها در پایان شهریور و نمونه‌برداری از برگ‌ها در نیمه اول شهریور انجام گرفت. اندازه‌گیری عناصر سنگین با استفاده از روش هضم با اسید نیتریک، اسید پرکلریک، اسید سولفوریک و قرائت با دستگاه جذب اتمی انجام پذیرفت [۱۷]. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. تجزیه واریانس داده‌ها با آزمایش فاکتوریل و با رویه GLM

به منظور تعیین انباشت عناصر سنگین در برگ درختان سالم و در حال خشکیدن بلوط و تعیین تأثیر عامل‌های رویشگاهی (ارتفاع از سطح دریا، جهت جغرافیایی) بر جذب این عناصر، سه طبقه ارتفاع از سطح دریا (۱۸۰۰-۱۵۰۰، ۲۰۰۰-۱۸۰۰ و بالاتر از ۲۰۰۰ متر از سطح دریا) در دو جهت جغرافیایی غالب منطقه (شمالی و جنوبی) در نظر گرفته شد؛ سپس سه خط نمونه (تکرار) با فاصله ۵۰۰۰ متر از یکدیگر در ابتدا، وسط و انتهای هر جهت جغرافیایی غالب طراحی شد. روی هر خط نمونه، سه قطعه نمونه ۱۰۰۰ متر مربعی دایره‌ای پیاده شد، به طوری که هر یک از قطعه نمونه‌ها در یک طبقه ارتفاعی قرار داشته باشد. در نتیجه، در مجموع ۱۸ قطعه نمونه (۹ قطعه نمونه در جهت شمالی و ۹ قطعه نمونه در جهت جنوبی) پیاده شد (شکل ۳).

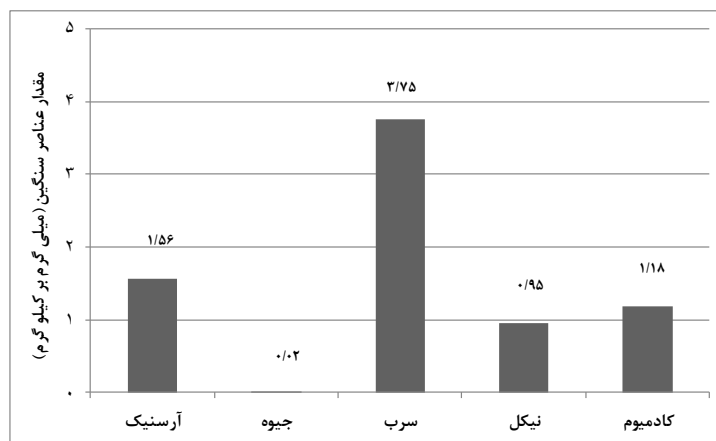
از توزیع نرمال پیروی می‌کنند ($p = 0/52$). تجزیه گردوغبار رسوب‌کرده در تله‌های رسوب‌گیر نشان داد که مقدار سرب (Pb) در گردوغبار بیشتر از عناصر دیگر بود و به‌طور تقریبی چهاربرابر آرسنیک (As)، جیوه (Hg) و نیکل (Ni) برآورد شد. در مقابل، جیوه با $0/02$ میلی‌گرم بر کیلوگرم کمترین مقدار را داشت (شکل ۴).

در نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن صورت گرفت.

نتایج و بحث

وضعیت عناصر سنگین در گردوغبار

نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف نشان داد که داده‌ها



شکل ۴. اندازه عناصر سنگین موجود در گردوغبار در منطقه تحقیق

سرب، جیوه، کادمیوم و نیکل حتی در غلظت‌های کم، گیاه را دچار مشکل و تنش می‌کنند. به‌علاوه، هر دو گروه شامل عناصر ضروری و غیرضروری موجب استرس یون در گیاه شده و این مسئله سبب تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم بر عملکرد فیزیولوژیک گیاه می‌شود [۱۸]. یکی از فرضیه‌های زوال درختان بلوط، وجود عناصر سنگین در گردوغبار و جذب آنها توسط درختان و ایجاد اختلال توسط این عناصر در بافت گیاهی و تنش در درختان است.

سنجش عناصر سنگین در نمونه‌های گردوغبار جهت‌های جغرافیایی مختلف نشان داد که مقدار آرسنیک بین $1/24$ میلی‌گرم بر کیلوگرم در جهت شرقی تا $1/92$ میلی‌گرم بر کیلوگرم در جهت جنوبی متغیر بود. مقدار سرب در جهت شمالی به‌طور تقریبی $1/5$ برابر دیگر جهت‌های جغرافیایی بود. مقدار جیوه در جهت‌های شمالی، جنوبی و غربی به‌طور تقریبی یکسان بود، اما در جهت شرقی حدود 50 درصد کمتر از جهت‌های دیگر

ریزگردهای موجود در هوا از آلاینده‌های محیط زیست هستند که سبب ایجاد تغییرات نامطلوب در مشخصات فیزیکی، شیمیایی و زیستی منابع اصلی حیات یعنی آب، هوا و خاک می‌شوند [۸]. یکی از دلایل خشکیدگی گونه‌های جنگلی در منطقه رویشی زاگرس، ورود ریزگردها و گردوغبار اعلام شده است. پژوهش‌های پیشین نیز غلظت بیش از حد طبیعی فلزات سنگینی مانند مس، سرب، روی، نیکل را در گردوغبار هوای شهرهای غربی کشور همانند اهواز نشان داده است [۱۰]. عناصر سنگین به موادی با عدد اتمی بیشتر از ۲۰ اطلاق می‌شود و شامل سرب، کادمیوم، نیکل، کبالت، مس، آهن، روی، کرم، آرسنیک، نقره، جیوه و مواد گروه پلاتینیوم است [۱۸]. برخی از این عناصر مانند آهن، مس و روی برای گیاه ضروری‌اند؛ اما در غلظت‌های زیاد گیاه را سمی می‌کنند و با ایجاد تنش، مانع جذب مواد غذایی و آب می‌شوند و گیاه را به‌سمت بحران سوق می‌دهند [۱۹]. علاوه بر این عناصر، بعضی از عناصر نظیر

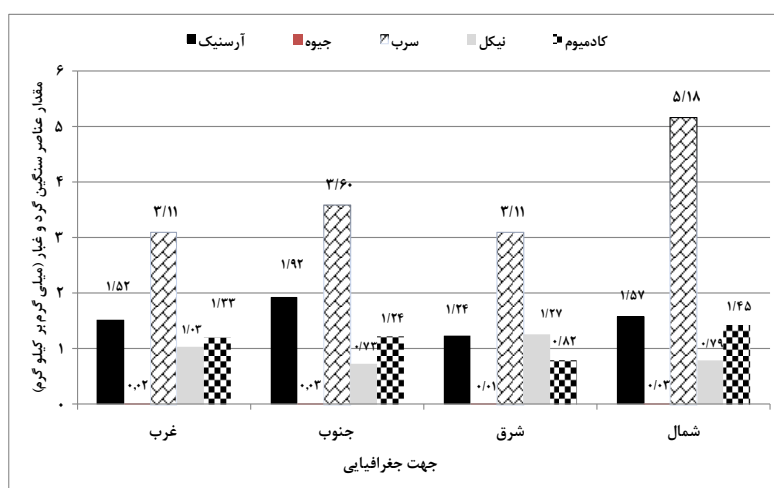
تجمع عناصر سنگین در برگ معنی‌دار نبود. از میان عناصر سنگین اندازه‌گیری شده در برگ نیز فقط اختلاف جذب کادمیوم و سرب بین درختان سالم و ناسالم در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱).

همان‌طور که در شکل ۶ مشخص است، مقایسه میانگین‌ها نشان داد که درختان مستقر در جهت جنوبی به‌طور متوسط ۰/۳۴۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در مقابل، درختان مستقر در جهت شمالی، ۰/۲۲۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم از عنصر سنگین کادمیوم را جذب کرده بودند و این اختلاف در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار بود. آرسنیک موجود در برگ درختان جهت جنوبی و شمالی به ترتیب ۰/۲۳۸ و ۰/۱۵۶ بود که

بود. اندازه نیکل نیز در جهت شرقی بیشتر از دیگر جهت‌های جغرافیایی بود. کادمیوم در جهت شمالی بیشترین مقدار و در جهت شرقی با ۰/۸۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم کمترین مقدار را داشت، اما مقدارش در جهت‌های غربی و جنوبی یکسان بود (شکل ۵).

اثر ارتفاع از سطح دریا، جهت جغرافیایی و سلامت درختان بر جذب عناصر سنگین

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر جهت جغرافیایی بر جذب عناصر کادمیوم و سرب در سطح اطمینان ۹۹ درصد و بر جذب آرسنیک در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار بود. در بین درختان بلوط مستقر در طبقه‌های ارتفاعی مختلف،



شکل ۵. اندازه عناصر سنگین موجود در گردوغبار در جهت‌های مختلف دامنه

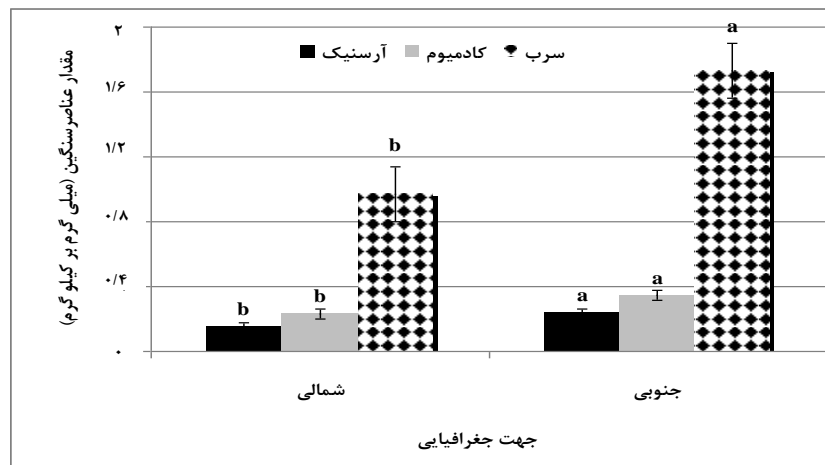
جدول ۱. تجزیه واریانس مقدار عناصر سنگین در جهت‌ها و ارتفاع‌های مختلف در درختان سالم و ناسالم

میانگین مربعات					منبع تغییرات
سرب	آرسنیک	مولیبدن	کادمیوم	درجه آزادی	
۵/۲۴۴**	۰/۰۶۱*	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۱۲۱**	۱	جهت جغرافیایی
۰/۴۸۹ ^{ns}	۰/۰۱۱ ^{ns}	۰/۰۰۸ ^{ns}	۰/۰۲۰ ^{ns}	۲	ارتفاع از سطح دریا
۲/۱۸۱*	۰/۰۱۸ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۹۷۱*	۱	سلامت
۰/۰۴۹۶ ^{ns}	۰/۰۰۱۹ ^{ns}	۰/۰۰۵ ^{ns}	۰/۰۲۹۹ ^{ns}	۲	جهت × ارتفاع
۲/۲۶۰ ^{ns}	۰/۰۳۲۴ ^{ns}	۰/۰۰۴۷ ^{ns}	۰/۰۵۳۷ ^{ns}	۱	جهت × سلامت
۰/۲۳۶۸ ^{ns}	۰/۰۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۱۴۵ ^{ns}	۲	ارتفاع × سلامت
۰/۸۴۶۵ ^{ns}	۰/۰۲۷۷ ^{ns}	۰/۰۰۴۲ ^{ns}	۰/۰۸۱۵ ^{ns}	۲	جهت × ارتفاع × سلامت
۰/۴۷۰	۰/۰۰۸۳	۰/۰۰۳۴	۰/۰۱۵	۲۴	خطا

** معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ * معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد؛ ^{ns} غیرمعنی‌دار

میانگین جذب عناصر سنگین در برگ درختان سالم و ناسالم در جدول ۲ ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، مقادیر عناصر کادمیوم، آرسنیک و سرب در برگ درختان ناسالم بیشتر از برگ درختان سالم است. کادمیوم، آرسنیک و سرب به ترتیب در برگ درختان سالم ۰/۲۳۵، ۰/۱۷۴ و ۱/۱۰۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود، در حالی که در برگ درختان ناسالم به ترتیب ۰/۳۳۹، ۰/۲۱۹ و ۱/۵۹۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم برآورد شد. نتایج پژوهش‌های پیشین در استان ایلام نیز نشان داد که تجمع عناصر سنگین در برگ درختان بلوط ناشی از گردوغبار از اوایل بهار تا اواخر تابستان روند افزایشی داشت و جذب این عناصر در درختان سالم و درختان ناسالم دارای اختلاف معنی‌دار بود [۱۲]. یکی از دلایل احتمالی تنش در برخی از پایه‌های بلوط، وجود عناصر سنگین در بافت گیاهی آنهاست. در پژوهشی، وجود چهار عنصر سرب، روی، کادمیوم و نیکل در برگ درختان بلوط شاداب و در حال خشکیدن بلوط در منطقه

این اختلاف در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار بود. سرب جذب‌شده در برگ درختان جهت جنوبی و شمالی به ترتیب ۱/۸۳ و ۰/۹۷ بود که این اختلاف نیز در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار بود. وجود عناصر سنگین بیشتر در برگ درختان بلوط مستقر در جهت جنوبی در مقایسه با جهت شمالی، احتمالاً به دلیل تنش بیشتر در درختان دامنه جنوبی و در پی آن جذب کمتر آب و مواد غذایی است. سمیت عناصر سنگین وقتی نمایان می‌شود که این عناصر در مقادیر زیاد در سلول‌های گیاهی تجمع یابند. قرار گرفتن گیاهان در معرض سطوح مختلف سمیت ناشی از عناصر سنگین، موجب تحریک دامنه وسیعی از تغییرات متابولیک و فیزیولوژیک خواهد شد [۲۰]. عناصر سنگین از جنبه‌های مختلف بر گیاهان اثرگذارند. مهم‌ترین و رایج‌ترین اثر سمیت این عناصر، کاهش رویش گیاهان [۲۱]، نکروزه شدن برگ‌ها، کاهش جوانه‌زنی بذرها و مختل شدن سیستم فتوسنتز است که اغلب این موارد به مرگ گیاه می‌انجامد [۲۲].



شکل ۶. مقایسه جذب عناصر سنگین در برگ درختان مستقر جهت‌های جغرافیایی

جدول ۲. مقایسه میانگین مقادیر عناصر سنگین در برگ درختان سالم و ناسالم

میانگین جذب عنصر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)				سلامت درخت
سرب	آرسنیک	مولیبدن	کادمیوم	
۱/۱۰۳ ^b	۰/۱۷۴ ^b	۰/۲۹۶ ^a	۰/۲۳۵ ^b	سالم
۱/۵۹۶ ^a	۰/۲۱۹ ^a	۰/۲۸۹ ^a	۰/۳۳۹ ^a	ناسالم

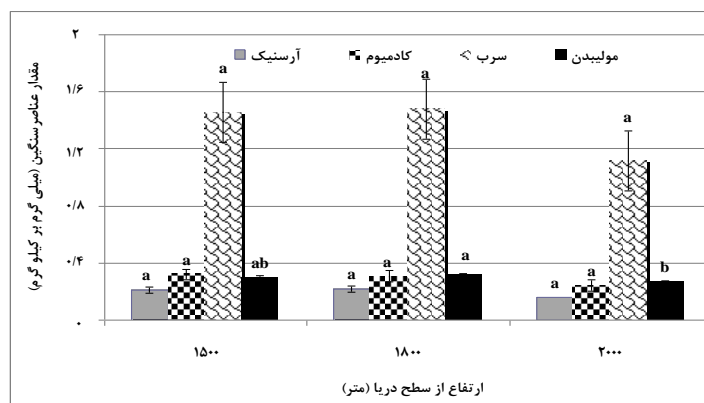
حروف مشابه انگلیسی در هر ستون بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار است.

مقدار سرب از طریق ریشه و برگ به‌ویژه برگ‌های دارای کرک جذب گیاهان می‌شود؛ این وضعیت موجب مسمومیت گیاه و کاهش جذب برخی عناصر ضروری مانند آهن می‌شود که خود، کاهش فتوسنتز، مهار تقسیم سلولی، کاهش گسترش سلولی، کاهش سطح تعرق و مسمومیت گیاه را در پی خواهد داشت [۲۸]. نیکل نیز با ایجاد اختلال در عملکرد دیواره سلولی بر تعادل عناصر غذایی اثر می‌گذارد. همچنین جذب این عنصر توسط گیاه موجب فقدان آب در گیاهان می‌شود [۲۷]. به این ترتیب، مهم‌ترین اثر وجود عناصر سنگین در بافت‌های گیاهی، ممانعت از جذب آب و مواد غذایی ضروری است که نبود یا کمبود آنها سبب کاهش رویش و تجدید حیات، و در نهایت مرگ و زوال گیاهان می‌شود.

مقایسه مقادیر عناصر سنگین در برگ درختان بلوط در ارتفاع‌های مختلف نشان داد که در میان عناصر بررسی شده، فقط مولیبدن دارای اختلاف معنی‌دار بود، به طوری که مقدار این عنصر در دامنه ارتفاعی میانی (۲۰۰۰-۱۸۰۰ متر) و پایین (۱۸۰۰-۱۵۰۰ متر)، بیشتر از دامنه بالا (بالتر از ۲۰۰۰ متر) بود و مقدار مولیبدن در برگ درختان مستقر در دامنه ارتفاعی پایین و بالا دارای اختلاف معنی‌دار بود. مقدار دیگر عناصر از دامنه‌های ارتفاعی پایین به سمت ارتفاعات دارای روند کاهشی بود، اما اختلاف طبقه‌ها معنی‌دار نبود (شکل ۷).

مله‌سیاه ایلام همراه با افزایش معنی‌دار غلظت این عناصر از بهار تا پایان فصل تابستان گزارش شد [۱۲]. عناصر سنگین گیاهان را پژمرده می‌کنند و به‌طور کلی کاهش جذب آب و افزایش تعداد روزنه‌های برگ را سبب می‌شوند [۲۳]. براساس پژوهش‌ها، کادمیوم مانع جذب آهن و در نهایت فتوسنتز گیاه می‌شود؛ علاوه بر این، کادمیوم جذب و انتقال عناصر غذایی مختلف همچون کلسیم، منیزیم، فسفر و پتاسیم و آب توسط گیاه را مختل می‌کند [۲۴]. از سوی دیگر، کادمیوم جذب و انتقال نیترات را از ریشه به شاخه‌ها کاهش می‌دهد و مانع فعالیت این ماده در شاخه‌ها می‌شود [۲۵]. همان‌طور که اشاره شد، وجود کادمیوم در بافت گیاهی سبب جذب کمتر مواد غذایی و آب و در نهایت مرگ گیاه می‌شود. به نظر می‌رسد تأثیر انباشت این عنصر در بافت درختان بلوط در منطقه تحقیق، یکی از دلایل تنش در این درختان و در نهایت زوال آنها باشد.

آرسنیک نیز سبب تنش چشمگیر در گیاهان به‌صورت جلوگیری از رشد، ناهنجاری‌های فیزیولوژیکی و در نهایت مرگ گیاه می‌شود [۲۶]. مهم‌ترین اثر نامطلوب سرب نیز بر رویش و فرایند فیزیولوژیک گیاهان است [۲۷]. این عنصر سنگین سبب جلوگیری از جوانه‌زنی بذرها و نیز جلوگیری از رشد طولی ریشه و ساقه و گسترش برگ گیاهان می‌شود. مقادیر زیاد سرب سبب جلوگیری از فعالیت آنزیم‌ها، تعادل آب و جذب مواد غذایی در گیاهان می‌شود [۲۷]. بیشترین



شکل ۷. مقایسه اندازه عناصر سنگین در برگ درختان بلوط در ارتفاع‌های مختلف

نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که عناصر سنگین موجود در گردوغبار پس از جذب توسط برگ درختان بلوط، تنش ایجاد می‌کنند و از عامل‌های تأثیرگذار بر زوال درختان بلوط‌اند. تجمع بیشتر این عناصر در بافت درختان در حال خشکیدن در مقایسه با درختان شاداب و سالم از مهم‌ترین دلایل این موضوع است. از سویی، درختان مستقر در جهت‌های جنوبی که در مسیر حرکت بادهای غالب از سمت خوزستان هستند نیز مقادیر بیشتری از این عناصر را جذب کرده‌اند که این وضعیت با رطوبت کمتر در این موقعیت رویشگاهی می‌تواند سرعت و شدت خشکیدگی درختان را تشدید کند. نتایج پژوهش پیش‌رو به‌نوعی بیانگر این موضوع نیز بود که گونه‌های گیاهی زیست‌ردياب‌های خوبی هستند و با پایش عناصر موجود در بافت‌های آنها می‌توان به اطلاعات

بازرزی دست یافت. این موضوع، بیشتر نیز در پژوهش‌های مختلفی [۱۶-۱۲] به اثبات رسیده است. در مجموع، با استناد به نتایج پژوهش پیش‌رو و پژوهش‌های پیشین می‌توان گفت مدیریت گردوغبار و جلوگیری از نفوذ آن به مناطق حیاتی کشور از ضرورت‌های اجتناب‌ناپذیری است که باید در رأس اولویت‌های کنونی کشور قرار گیرد.

سپاسگزاری

این پژوهش با استفاده از امکانات و حمایت مالی اداره کل محیط زیست و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری انجام گرفت که بدین وسیله از آنان قدردانی می‌شود. همچنین، ضروری است از خانم دکتر اسکندری که در تهیه نقشه‌ها بسیار کمک کردند، سپاسگزاری شود.

References

- [1]. Wang, W.J., He, H.S., Spetich, M.A., Shifley, S.R., Thompson, F.R., and Fraser, J.S. (2013). Modeling the effects of harvest alternatives on mitigating oak decline in a central hardwood forest landscape. *PLoS ONE*, 8(6): e66713.
- [2]. Clatterbuck, W.K., and Kauffman, B.W. (2005). Managing oak decline. *Professional Hardwood Notes, Technical Information on Hardwood Silviculture for Foresters, SP 675*, The University of Tennessee.
- [3]. Gibbs, J. (1999). Dieback of pedunculate oak. *Information Note, Forestry Commission, Edinburgh*.
- [4]. González Alonso, C. (2008). Analysis of the oak decline in Spain, La Seca. Bachelor thesis in Forest Management, Swedish University of Agricultural Sciences.
- [5]. Pourhashemi, M., Jahanbazi Goujani, H., Hoseinzade, J., Bordbar, S.K., Iranmanesh, Y., and Khodakarami, Y. (2017). The history of oak decline in Zagros forests. *Iran Nature*, 2(1): 30-37.
- [6]. Fuhrer, E. (1998). Oak decline in central Europe: a synopsis of hypotheses. In: M.L. McManus and A.M. Liebhold (eds.) *Population dynamics, impacts, and integrated management of forest defoliating insects. USDA Forest Service General Technical Report NE-247*: 7-24.
- [7]. Shahsavani, A., Yarahmadi, M., Mesdaghinia, A., Younesian, M., Jaafarzadeh Haghhighifard, N., Naimabadi, A., Salesi, M., and Naddafi, K. (2012). Analysis of dust storms entering Iran with emphasis on Khuzestan province. *Hakim Research Journal*, 15(3): 192- 202.
- [8]. Goudie, A.S., and Middleton, N.J. (2000). Dust storms in south west Asia. *Acta Universitatis Carolinae, Supplementum*, pp. 73-83.
- [9]. Kutiel, H., and Furman, H. (2003). Dust storms in the Middle East: sources of origin and their temporal characteristics. *Indoor and Built Environment*, 12(3): 419-426.
- [10]. Zarasvandi, A., Rastmanesh, F., Pourkaseb, H., and Azarmi, Z. (2011). Geochemical study of heavy metals in dust and some of the plant species in Ahvaz city with emphasis on their absorption. In: 2th Natural Symposium of Iranian Society of Economic Geology, July 5-6 Khorram Abad, Iran, 6 p.
- [11]. Momani, K., Jiries, A., and Jaradat, Q. (2000). Atmospheric deposition of Pb, Zn, Cu and Cd in Amman, Jordan. *Turkish Journal of Chemistry*, 24(3): 231-238.

- [12]. Nouri, E., Matinizadeh, M., Moshki, A.R., Ensafi Moghadam, T., and Rahimi, M. (2016). Evaluating the amount of heavy metals in dusts and their absorption by Brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.) (Case study: Meleh Siah, Ilam). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 23(4): 605-616.
- [13]. Ali Ahmad Korori, S., Khoshnevis, M., Shirvany, A., and Matinizadeh, M. (2012). Pollution effects of the Persian Gulf War on the southern regions of Iran. Iranian Student Book Agency, Tehran.
- [14]. Mesanza, J.M., and Casado, H. (1994). Effect of atmospheric pollution on forested areas of *Pinus radiata* in the Basque Country (Spain): Influence of highways. Science of the Total Environment, 146-147: 125-130.
- [15]. Aksoy, A., and Demirezen, D. (2006). *Fraxinus excelsior* as a biomonitor of heavy metal pollution. Polish Journal of Environmental Studies, 15(1): 27-33.
- [16]. Aksoy, A., and Öztürk, M. (1997). *Nerium oleander* L. as a biomonitor of lead and other heavy metal pollution in Mediterranean environments. Science of the Total Environment, 205(2-3): 145-150.
- [17]. Emami, A. (1996). Methods of plant analysis. Published by Soil and Water Research Institute, Karaj.
- [18]. Sobkowiak, R.R. (2016). Water relations in plants subjected to heavy metal stresses. Acta Physiologiae Plantarum, 38(11): 257.
- [19]. Jahanbazi Goujani, H., Iranmanesh, Y., Mehnatkesh, A., and Haghghian, F. (2016). Comparing of elements absorption and amount of proline, plant pigments in healthy and dieback mulberry (*Morus alba* L.). Forest Research and development, 2(1): 33-47.
- [20]. Dubey, R.S. (2011). Metal toxicity, oxidative stress and antioxidative defense system in plants. In: S.D. Gupta (ed.) Reactive Oxygen Species and Antioxidants in Higher Plants, CRC Press, Boca Raton, pp. 177-203.
- [21]. Sharma, P., and Dubey, R.S. (2007). Involvement of oxidative stress and role of antioxidative defense system in growing rice seedlings exposed to toxic concentrations of aluminum. Plant Cell Reports, 26(11): 2027-2038.
- [22]. Dalcorso, G., Farinati, S., and Furini, A. (2010). Regulatory networks of cadmium stress in plants. Plant Signaling and Behavior, 5(6): 663-667.
- [23]. Amini, F., Noori, M., and Foroghi, M. (2011). The Effects of heavy metals on leaf anatomy, some flavonoids and nitrotoxins of *Coronilla varia* L. in hydroponic culture. Iranian Journal of Cell and Tissue, 1(2): 9-20.
- [24]. Das, P., Samantaray, S., and Rout, G.R. (1997). Studies on cadmium toxicity in plants: a review. Environmental Pollution, 98(1): 29-36.
- [25]. Hernandez, L.E., Carpena-Ruiz, R., and Garate, A. (1996). Alterations in the mineral nutrition of pea seedlings exposed to cadmium. Journal of Plant Nutrition, 19(12): 1581-1598.
- [26]. Gunes, A., Pilbeam, D., and Inal, A. (2009). Effect of Arsenic-Phosphorus interaction on arsenic- induced stress in chickpea plant. Plant and Soil, 31(2): 211-220.
- [27]. Gill, M. (2014). Heavy metal stress in plants: a review. International Journal of Advanced Research, 2(6): 1043-1055.
- [28]. Hosseinpor, M.A., and Afshari, H. (2015). Investigating different levels of cadmium and lead on some phytochemical properties on *Ocimum basilicum* L. in salinity condition. Eco-Phytochemical Journal of Medicinal Plant, 10(2): 50-64.

Measuring of heavy elements in leaves of healthy and unhealthy Brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.) trees in Helen area of Chaharmahal and Bakhtiari province

H. Jahanbazy Goujani*; Assist. Prof., Research Division of Natural Resources, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shahrekord, I.R. Iran

Y. Iranmanesh; Assist. Prof., Research Division of Natural Resources, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shahrekord, I.R. Iran

M. Talebi; Senior Research Expert, Research Division of Natural Resources, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shahrekord, I.R. Iran

H. Shirmardi; Research Expert, Research Division of Natural Resources, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shahrekord, I.R. Iran

A. Mehnatkesh; Assist. Prof., Research Division of Natural Resources, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shahrekord, I.R. Iran

M. Pourhashemi; Assoc. Prof., Research Institute of Forest and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I.R. Iran

M. Habibi; Expert, Chaharmahal and Bakhtiari Department of Environment, Shahrekord, I.R. Iran

(Received: 16 February 2018, Accepted: 13 May 2018)

ABSTRACT

Oak decline is a complex phenomenon affecting vast areas of Zagros forests. Dust is the most important factors in the decline of Zagros forest. In order to assess the impacts of dust on oak decline, six dust traps were installed in Helen protected area at the beginning of spring 2016. Dust samples were collected using the traps surface in autumn. The weight of dust samples and the amount of heavy metals were measured in the laboratory. Three transects (replicates) with fixed distances were designed in each of northern and southern directions. In each transect, three circular plots (with an area of 1000 m²) were laid out in three altitudinal ranges (1500-1800, 1800-2000, and more than 2000 meter a.s.l.). In each plot, leaf samples of five trees were collected from healthy and unhealthy trees, and the amounts of heavy elements including lead, cadmium, nickel, arsenic and mercury were measured. The results showed that cadmium and lead in leaves of healthy and unhealthy trees had a significant difference and the amount of these elements in the leaves of healthy tree was more than unhealthy trees. Higher amounts of heavy metals were absorbed by oak trees located in the southern aspect compared with those in the northern one. Moreover, the amounts of intercepted cadmium and lead had significant differences. It seems that the stress caused by the absorption of these heavy elements in the leaves of trees is one of the most important factors for oak trees decline.

Keywords: Dust, Heavy metals, Oak decline, Stress, Zagros.

* Corresponding Author, Email: jahanbazy_hassan@yahoo.com, Tel: +9838-13334760