

شاخ‌وبرگ^۴ و تراکم (تنک بودن تاج) برای درختان زنده بلوط معرفی شد (Schomaker et al., 2007). یونوم گیاهان بیانگر همه یا شماری از عناصر معدنی است که می‌تواند در زمان مشخص، در بافت مشخصی از گیاه حضور داشته باشد. یونومیکس به‌عنوان یک ابزار ژنومیک کارکردی شامل اندازه‌گیری کمی و همزمان ترکیب عناصر موجود زنده و تغییرات آن در پاسخ به محرک‌های فیزیولوژیکی، رشد و نمو و دست‌ورزی‌های ژنتیکی است (Najafpour-Navaei & Shariat, 2017). یکی از موضوعات جدید در این زمینه، تهیه اطلس یونومیک است. اطلس یونومیک آنالیز و گزارش داده‌های مختلف یونی را در یک دامنه وسیع ارائه می‌دهد که شامل یونومیک (ترکیب عناصر یک ارگانسیم)، اطلاعات ژنتیکی (تغییرات قابل توارث در DNA یک ارگانسیم) (Shariat et al., 2018) و اطلاعات جغرافیایی (موقعیت جغرافیایی، ارتفاع، آب‌وهوا، خاک و غیره) است (Dragut et al., 2012).

با توجه به گسترش دامنه بحران زوال بلوط در استان‌های اطراف رشته‌کوه زاگرس به‌ویژه در جنوب آن، به‌نظر می‌رسد تا کنون پژوهشی درباره تغییرات فصلی مقدار عناصر ماکرو و میکرو انجام نگرفته و بیشتر اطلاعات موجود مبتنی بر اندازه‌گیری تعداد اندکی از عناصر است. در یکی از پژوهش‌ها درباره تأثیر احتمالی توفان‌های گردوغبار بر بلوط‌های زاگرس، تغییر مقدار چهار عنصر آلاینده Zn، Ni، Pb و Cd بررسی و مشخص شد که مقدار جذب چهار عنصر آلاینده در پی توفان‌های گردوغبار در اوایل بهار تا اواخر تابستان افزایش معنی‌داری یافت، اگرچه بلوط‌های در حال خشک شدن نسبت به بلوط‌های سالم مقدار بیشتری از عناصر آلاینده را جذب نکردند (Nouri et al., 2016). با هدف ارزیابی تأثیر گردوغبار بر زوال درختان بلوط (*Quercus brantii* Lindl.) در پژوهشی شش تله رسوب‌گیر در منطقه هلن چهارمحال و بختیاری نصب و نمونه‌های گردوغبار از

بلوط است که دستخوش پدیده زوال شده است. جنس بلوط (*Quercus*) با دارا بودن بیش از ۲۰۰۰ گونه، متنوع‌ترین جنس تیره راش (Fagaceae) است (Laet, 2019). ۳۵ گونه از این جنس به‌عنوان گیاهان دارای وضعیت بسیار وخیم و در حال انقراض یا آسیب‌پذیر، در فهرست قرمز اتحادیه بین‌المللی حفاظت از طبیعت^۱ (IUCN) قرار گرفته‌اند (IUCN, 2019). با توجه به دستورالعمل IUCN، وضعیت بلوط‌های ایران نامطلوب است و باید هرچه سریع‌تر راهکارهای مناسبی برای جلوگیری از تخریب رویشگاه‌ها اندیشیده و اجرا شود. در غیر این صورت شاهد نابودی و انقراض برخی از تاکسون‌های بلوط بومی ایران خواهیم بود (Panahi & Jamzad, 2017). پدیده زوال متأثر از اثرهای ترکیبی چندین عامل است که به‌طور متوالی یا همزمان بر سلامت بلوط اثر گذاشته و سبب مرگ گسترده این درختان در مقیاس‌های محلی یا منطقه‌ای شده‌اند (Rozas & Sampedro, 2013). خشکسالی تابستان به‌عنوان یک عامل محدودکننده برای جذب کربن در طی دوره فعال درخت و یخبندان‌های زمستان - بهار به‌عنوان عامل آسیب‌رسان به بافت‌های در حال رشد شناخته شده است. با این حال در تحقیقی نشان داده شد که افزایش شدت بارندگی و در پی آن اشباع آب خاک می‌تواند عامل زوال بلوط در جنگل‌های مرطوب آتلانتیک شود (Rozas & GarcíaGonzález, 2012).

برای ارزیابی سلامت جنگل از شاخص‌های کمی و کیفی تاج استفاده می‌شود که از مهم‌ترین آنها می‌توان به ابعاد تاج، حجم و سطح تاج، اطلاعات توصیفی از نفوذ نور و موقعیت رقابتی تاج اشاره کرد. در پژوهشی، شاخص‌های سلامت تاج شامل نسبت طول تاج زنده، مقدار دریافت نور^۲، خشکی تاج^۳ و نورگذرانی

۱. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources

۲. Crown light exposure

۳. Crown dieback

۴. Foliage transparency

خشک) و تعیین مهم‌ترین عناصر متأثر از شرایط کم‌آبی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

پس از جمع‌آوری اطلاعات میدانی از جنگل‌های بلوط استان ایلام سه منطقه نمونه‌برداری (جدول ۱) از سه ارتفاع مختلف از دو سمت شمالی و جنوبی تعیین شد و نمونه‌برداری در هر منطقه از یک سطح مشخص با وسعتی در حدود ۲۰ هکتار با بررسی ۳۰ پایه در هر نقطه انجام گرفت. بنابراین در مجموع شش منطقه و در هر منطقه ۳۰ پایه و در کل ۱۸۰ نمونه گیاهی بررسی شد. شش ترانسکت به موازات هم در هر منطقه تعیین شد و با انتخاب تصادفی اولین درخت در هر ترانسکت پنج درخت با فاصله ثابتی از هم، روی هر ترانسکت انتخاب شد، به نحوی که درختان بررسی شده در سراسر عرصه انتخابی گسترده شده و نماینده مناسبی از جمعیت تحت بررسی باشند. شایان ذکر است که نمونه‌برداری در ماه‌های خرداد و مهر انجام گرفت که درخت در شرایط فعال بوده و امکان ارزیابی درخت نیز فراهم بود، نمونه‌برداری از پایه‌های سالم، در معرض خطر و آسیب‌دیده انجام پذیرفت. سپس نمونه‌ها به منظور شست‌وشو و عصاره‌گیری به آزمایشگاه منتقل شدند.

گروه‌بندی شاخص سلامت درختان با توجه به علائمی نظیر پراکندگی برگ‌ها، تنگی تاج (تراکم تاج)، رنگ‌پریدگی، زرد شدن برگ‌های تاج، میزان دریافت نور و خشکیدگی سرشاخه‌ها انجام گرفت (Kabrick et al., 2008). شایان ذکر است که در شش منطقه بررسی شده، درختان دچار خشکیدگی بسیار شدید از نظر تکرار بسیار اندک بودند و استفاده از نتایج آنها در آنالیز سبب برهم زدن تعادل طرح آزمایشی می‌شد؛ از طرفی با توجه به اینکه در چنین برگ‌هایی بیشتر ترکیبات تجزیه شده‌اند، احتمال افزایش خطا زیاد بود و به همین دلیل در آنالیزها از آنها استفاده نگردید.

تله‌ها جمع‌آوری شد و پس از توزین مقدار عناصر سنگین موجود نشان داده شد که مقدار عناصر سنگین (As, Cd, Pb) در درختان سالم و ناسالم تفاوت معنی‌داری دارند (Jahanbazy Goujani et al., 2018). در منطقه مله‌سیاه استان ایلام نیز بررسی توده‌های بلوط دچار خشکیدگی در دو فصل بهار و تابستان بیانگر تأثیر معنی‌دار خشکسالی بر وضعیت دو عنصر نیتروژن و فسفر بود (Hosseini, 2017). در پژوهش دیگری تأثیر تنش خشکی بر خوش‌خوراکی شاخ‌وبرگ *Quercus ilex* از طریق بررسی مقدار ترکیبات ثانویه و مقدار عناصر بررسی شد و نشان داده شد که اثر تنش خشکی در تابستان سبب افزایش معنی‌دار مقدار K و در پی آن افزایش نسبت K/P و کاهش نسبت C/K و N/K می‌شود که افزایش خوش‌خوراکی و حمله بیشتر حشرات را در پی دارد (Rivas-Ubach et al., 2014). البته یافته‌های برخی پژوهش‌ها با نتایج ذکر شده همخوانی ندارد. در یکی از این منابع، مقدار عناصر سنگین و مواد معدنی در درختان بلوط سالم و خشک‌شده در ۱۲ منطقه هلند اندازه‌گیری شد. نتایج هیچ تفاوت معنی‌داری را از نظر مقدار عناصر در چوب مرکزی بلوط‌ها در طول دوره زوال نشان نداد (Szczepkowski & Nicewicz, 2008). نتیجه مشابهی نیز در راش اروپایی (*Fagus sylvatica* L.) گزارش شده است (Nicewicz & Szczepkowski, 2008). پژوهشگران زیادی نیز غلظت عناصر جذب‌شده در گیاهان مناطق صنعتی یا فاضلاب‌های آلوده را با عنوان گیاه‌پالایی اندازه‌گیری کرده‌اند، اما در هیچ‌یک رابطه بین عناصر جذب‌شده و وضعیت سلامت درخت در طولانی‌مدت بررسی نشده است (Hooshmand Khanghahi et al., 2014; Shariat et al., 2017).

پژوهش حاضر به منظور بررسی چگونگی تغییرات یونومیک برگ درختان بلوط ایرانی تحت تأثیر شدت خشکیدگی و تغییرات اقلیمی (فصول مرطوب و

تاج با تراکم کمتر و برگ‌های سبز؛
ضعیف: امتیاز ۱- گیاهان دارای آثار خشکیدگی
(بین ۲۵ تا ۵۰ درصد)، تاج تنک و برگ‌های سبز
به نسبت روشن.

سالم: امتیاز ۳- گیاهان فاقد آثار خشکیدگی و
دارای تاج متراکم، برگ‌های درشت با رنگ سبز
پررنگ؛
به نسبت سالم: امتیاز ۲- گیاهان دارای آثار
مختصر از خشکیدگی (کمتر از ۲۵ درصد) و دارای

جدول ۱- مشخصات سایت‌های انتخابی برای مطالعات یونومیک بلوط در استان ایلام

نام سایت	حداقل ارتفاع (متر)	حداکثر ارتفاع (متر)	طول جغرافیایی (نقطه میانی)	عرض جغرافیایی (نقطه میانی)
پایین بند شمالی	۱۵۱۴	۱۵۳۲	۳۷۲۶۹۰۳	۳۸۶۳۸۷۸۵
میان بند شمالی	۱۶۳۶	۱۶۹۱	۳۷۲۵۷۹۴	۳۸۶۴۰۰۶۳
بالا بند شمالی	۱۸۳۳	۱۸۶۱	۳۷۲۶۵۷۷	۳۸۶۳۶۷۱۴
پایین بند جنوبی	۱۵۱۴	۱۵۳۷	۳۷۲۶۹۵۰	۳۸۶۳۸۷۹۹
میان بند جنوبی	۱۷۰۷	۱۷۳۷	۳۷۲۷۳۶۳	۳۸۶۳۶۶۳۴
بالا بند جنوبی	۱۹۱۸	۱۹۷۷	۳۷۲۷۴۰۶	۳۸۶۳۵۴۸۷

مرحله بعد، ۴ میلی لیتر آب اکسیژنه ۳۰ درصد به
ظروف حاوی نمونه اضافه و بعد از ۲۴ ساعت ۵
میلی لیتر اسید کلریدریک افزوده شد. بعد از یک شب
دیگر ۱۰ میلی لیتر آب دو بار اضافه و بر روی هیتر با
درجه کم حرارت داده شد و سپس با کاغذ صافی
واتمن ۴۲ صاف و به حجم ۵۰ میلی لیتر رسانده شد
(Shariat et al., 2017).

به منظور اندازه گیری فسفر (P) ۲۵۰ میلی گرم
برگ پودر شده داخل کروزه ریخته شد و به مدت ۶
ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد داخل کوره
قرار گرفت و به صورت خاکستر درآمد. خاکستر
حاصل، در ۵ میلی لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال حل
شد و پس از عبور از کاغذ صافی ۴۲، در بالن ۵۰
میلی لیتر با آب مقطر به حجم رسانده شد. در نهایت
اندازه گیری فسفر کل گیاه با روش زرد و عصاره گیری
با آمونیوم مولیبدات و آمونیوم وانادات انجام گرفت
(Chapman & Pratt, 1961). نیتروژن کل (N) نیز به
روش کجلدال اندازه گیری شد (Bremner, 1970).
تجزیه و تحلیل مقدار کربن (C) با استفاده از ۱/۴

- تعیین مقدار عناصر

آنالیز عناصر شامل تعیین مقدار کمی
درشت مغذی‌ها (Ca, K, Mg و ...)، ریزمغذی‌ها (Fe,
Cu, Zn, Mn و ...) و فلزاتی مانند Na, As, Pb, Ni,
Co, Hg, V, Cr و Cd در برگ درختان است که در
کشاورزی و محیط زیست سبب بروز مشکلات
متعددی می‌شوند.

- اندازه گیری مقدار عناصر

مقدار کمی عناصر Cu, K, Na, Mg, Ca, Fe, Zn,
Si, Ni, Cd, Pb, Hg, Mn, Co, V, As, Cr با
استفاده از دستگاه پلاسمای جفت شده القایی (ICP-
OES Integra XL, GBC, Australia) اندازه گیری
شد. عصاره گیری برگ‌ها با استفاده از روش
اکسیداسیون تر انجام گرفت. به این ترتیب که ابتدا
برگ‌ها شسته شده و به مدت ۴۸ ساعت در آون قرار
داده شد. سپس ۰/۵ گرم برگ آسیاب شده وزن شده و
حدود ۱۰ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ به آن افزوده
شد. بعد از ۲۴ ساعت ۵ میلی لیتر آب مقطر دو بار
یون گیری شده به آن اضافه و حرارت داده شد. در

میلی گرم پودر برگ هر یک از نمونه‌ها با استفاده از دستگاه 2400 CHNS/O Series II System (PerkinElmer, USA) انجام گرفت.

– روش تحلیل داده‌ها

قبل از آنالیز داده‌ها ابتدا براساس شاخص سلامت پایه‌های بررسی شده در سه گروه سالم (شاخص ۱)، نیمه‌سالم (شاخص ۲) و ضعیف (شاخص ۳) گروه‌بندی شدند. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای کامپیوتری نظیر Minitab 17، IBM SPSS Statistics 24، و آرزیابی شد. ترتیب آنالیز داده به این صورت بود که بعد از بررسی نرمال بودن و همگنی واریانس‌ها، از روش‌های آماری همانند تجزیه واریانس و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده شد و سپس عناصر دارای اهمیت اصلی در تعیین مدل انتخاب شد.

نتایج

تجزیه واریانس پارامترهای عنصری بیانگر تفاوت معنی‌دار ($P < 0.05$) تعدادی از عناصر از جمله N، P، C، K، C/P، C/K، Ca، Mg، Na، Cu، Mn، Zn، Si در دو فصل بهار و پاییز بود. در میان شش سایت بررسی شده نیز از نظر مقدار عناصر C، C/P، Ca، Mg، Ni، Mn، Cu تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. در میان گروه‌های بررسی شده از نظر شاخص سلامت نیز در مقدار N، P، C/P، K/P، N/K، C/N تفاوت معنی‌داری وجود داشت. در زمینه اثرهای متقابل، فاکتورهای مختلف جدول ۲ حاکی از آن است که در بیشتر موارد اثرهای متقابل معنی‌دار نبوده است.

مقایسه تغییرات مقدار عناصر در دو فصل بهار و پاییز (جدول ۳) بیانگر آن بود که مقدار نیتروژن، فسفر، کربن، پتاسیم، آهن، کلسیم، منیزیم، سدیم، مس، منگنز، روی و سیلیس در ماه مهر نسبت به ماه خرداد افزایش معنی‌داری داشت. تنها پارامترهایی که در ماه مهر کاهش معنی‌داری داشتند نسبت کربن به

فسفر و کربن به پتاسیم بود (جدول ۳).

مقایسه پارامترهای عنصری در شش منطقه جنگلی بلوط بیانگر آن بود که مقدار C و نسبت C/P در برگ درختان منطقه میان‌بند جنوبی بیشترین مقدار را داشت و بیشترین مقدار کربن و C/P به ترتیب در برگ‌های درختان منطقه پایین‌بند شمالی و میان‌بند شمالی مشاهده شد. بیشترین مقدار عنصر آلاینده Ni در پایین‌بند جنوبی و کمترین مقدار آن نیز در میان‌بند شمالی مشاهده شد. از نظر مقدار Ca شش منطقه تحت بررسی در سه گروه قرار گرفتند که بیشترین مقدار آن مربوط به بالابند شمالی بود. از نظر مقدار Mg و Cu نیز منطقه میان‌بند شمالی تفاوت معنی‌داری با مناطق دیگر داشت؛ به این ترتیب که مقدار این عناصر در مناطق دیگر بیشتر بود. مقدار عنصر آلاینده Mn نیز در مناطق مختلف متفاوت بود و از این نظر مناطق در چهار گروه دسته‌بندی شدند که بیشترین مقدار Mn در برگ‌های منطقه بالابند جنوبی و کمترین مقدار نیز در پایین‌بند جنوبی مشاهده شد.

مقایسه پارامترهای عنصری براساس شاخص سلامت بیانگر آن بود که وضعیت ظاهری پایه‌های بلوط ارتباط معنی‌داری با مقدار عناصر غذایی موجود در درختان دارد، به این ترتیب که مقدار ازت در پایه‌های سالم و به نسبت سالم از نظر آماری بیشتر از پایه‌های ضعیف است. مقدار فسفر نیز همانند ازت در پایه‌های ضعیف کمتر است. نسبت پارامترهای C/N، C/P و K/P در پایه‌های ضعیف به‌طور معنی‌داری بزرگ‌تر از در پایه‌های سالم و به نسبت سالم بود. نسبت N/P نیز در پایه‌های ضعیف کمتر بود.

– تجزیه به مؤلفه‌های اصلی داده‌های یونومیک

اندازه‌گیری شده در دو فصل بهار و پاییز

تجزیه مؤلفه‌های اصلی با استفاده از داده‌های یونومیک نمونه‌های جمع‌آوری شده برگ بلوط از منطقه در ماه‌های خرداد و مهر انجام گرفت. مقادیر ویژه، واریانس نسبی و تجمعی توسط هر دو جدول ۶ درج شده است.

محاسبه مؤلفه‌های غیرهمبسته که ترکیبی از متغیرهای اصلی‌اند، استفاده می‌شود.

از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای رسیدن به اهداف تشریح و توجیه تنوع موجود در جامعه، تعیین سهم هر صفت در تنوع و کاهش تعداد متغیرهای اصلی از طریق

جدول ۲- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس پارامترهای عنصری براساس شاخص سلامت تاج در شش منطقه جنگلی بلوط استان ایلام در دو فصل بهار و پاییز

خطا	منطقه* شاخص* فصل	منطقه* شاخص	فصل* شاخص سلامت	فصل* منطقه	شاخص سلامت	منطقه	فصل	
۱۹/۹۷۸	۹/۱۳ ^{NS}	۸/۸۵ ^{NS}	۲۰/۹۵ ^{NS}	۲۹/۰۶ ^{NS}	۶/۱۵ ^{**}	۲/۶۳ ^{NS}	۱۸/۸۵ [*]	N
۰/۲۰۶	۰/۳۸ ^{NS}	۰/۰۳ ^{NS}	۰/۱۳ ^{NS}	۰/۰۵ ^{NS}	۱/۱۱ [*]	۰/۴۳ ^{NS}	۰/۹۹ [*]	P
۳۰/۸۴۴	۴۵/۹۱ ^{NS}	۱۶/۶۵ ^{NS}	۲۵/۸۳ ^{NS}	۴/۰۱ ^{NS}	۳۵/۷۰ ^{NS}	۹۴۳/۳۵ ^{**}	۴۵۳/۱۲ ^{**}	C
۰/۵۳۹	۱/۶۰ [*]	۱/۰۴ ^{NS}	۰/۲۰ ^{NS}	۰/۸۶ ^{NS}	۰/۷۲ ^{NS}	۰/۴۹ ^{NS}	۸/۷۹ ^{**}	K
۲/۴۶۷	۱/۷۲ ^{NS}	۱/۱۲ ^{NS}	۱/۹۰ ^{NS}	۰/۲۸ ^{NS}	۱/۷۶ ^{NS}	۳/۰۳ ^{NS}	۰/۴۹ ^{NS}	N/P
۵۲۱	۱,۴۴۷ ^{NS}	۶۸ ^{NS}	۷۳۶ ^{NS}	۱۵۶ ^{NS}	۴,۰۷۸ ^{**}	۱,۴۸۲ [*]	۲,۶۷۲ [*]	C/P
۳/۱۷۴	۸/۵۰ ^{NS}	۵/۱۲ ^{NS}	۱/۳۹ ^{NS}	۳/۹۰ ^{NS}	۵/۴۱ ^{NS}	۱/۷۲ ^{NS}	۴۱/۷۸ ^{**}	C/K
۹/۳۶۴	۴۶/۱۱ ^{**}	۸/۸۲ ^{NS}	۱/۴۵ ^{NS}	۱۶/۳۰ ^{NS}	۶۶/۵۴ ^{**}	۱۸/۷۲ ^{NS}	۲۱/۹۲ ^{NS}	K/P
۰/۰۱۰	۰/۰۵ ^{**}	۰/۰۱ ^{NS}	۰/۰۳ ^{NS}	۰/۰۲ ^{NS}	۰/۰۸۴ ^{**}	۰/۰۱۲ ^{NS}	۰/۰۴ ^{NS}	N/K
۰/۵۲۱	۰/۶۸ ^{NS}	۰/۳۲ ^{NS}	۲/۱۸ ^{NS}	۰/۱۷ ^{NS}	۲/۴۷ [*]	۰/۹۶ ^{NS}	۱/۴۵ ^{NS}	C/N
۰/۲۵۵	۰/۱۸ ^{NS}	۰/۳۴ ^{NS}	۰/۲۴ ^{NS}	۱/۱۸ ^{**}	۰/۱۶ ^{NS}	۰/۴۵ ^{NS}	۱۵/۴۸ ^{**}	Fe
۰/۱۴۳	۰/۴۰ ^{NS}	۰/۵۶ ^{NS}	۰/۴۱ ^{NS}	۰/۶۹ ^{**}	۰/۴۵ ^{NS}	۰/۴۵ [*]	۱۹/۲۳ ^{**}	Ca
۳/۶۰۲	۳/۵۱ ^{NS}	۴/۶۹ ^{NS}	۲/۰۱ ^{NS}	۶/۲۳ ^{NS}	۰/۰۰۴ ^{NS}	۱۲/۸۳ [*]	۱۲۳/۳۶ ^{**}	Mg
۰/۳۱۷	۰/۴۲ ^{NS}	۰/۵۱ ^{NS}	۰/۵۱ ^{NS}	۰/۷۸ ^{NS}	۰/۶۰۹ ^{NS}	۰/۸۱ ^{NS}	۱۳/۵۴ ^{**}	Na
۶/۷۹۲E-۰۵	۰/۰۰۰۰۲ ^{NS}	۰/۰۰۰۰۱ ^{NS}	۰/۰۰۰۰۱ ^{NS}	۰/۰۰۰۱ ^{**}	۰/۰۰۰۱۲ ^{NS}	۰/۰۰۰۱ ^{**}	۰/۰۰۰۱ ^{**}	Cu
۰/۴۲۱	۰/۱۳ ^{NS}	۰/۴۴ ^{NS}	۰/۰۴ ^{NS}	۰/۶۲ ^{NS}	۰/۲۳۲ ^{NS}	۱/۹۵ ^{**}	۱۱/۳۵ ^{**}	Mn
۰/۳۶۶	۰/۰۸ ^{NS}	۰/۴۵ ^{NS}	۰/۳۴ ^{NS}	۰/۲۷ ^{NS}	۰/۰۶۵ ^{NS}	۰/۵۳ ^{NS}	۱۹/۰۰ ^{**}	Zn
۰/۷۶۳	۱/۸۲	۰/۸۷ ^{NS}	۰/۳۶ ^{NS}	۱/۲۶ ^{NS}	۰/۱۷۰ ^{NS}	۰/۸۷ ^{NS}	۰/۰۳ ^{NS}	Si
۰/۰۷۹	۰/۲۴ [*]	۰/۲۱ ^{NS}	۰/۲۸ [*]	۰/۵۵ ^{**}	۰/۱۱۲ ^{NS}	۰/۲۶ [*]	۱۶/۶۶ ^{**}	Ni
۰/۸۷۴	۰/۳۲ ^{NS}	۰/۶۷ ^{NS}	۰/۴۲ ^{NS}	۰/۴۸ ^{NS}	۰/۴۴۳ ^{NS}	۰/۲۹ ^{NS}	۳/۲۰ ^{NS}	Pb
۰/۳۶۷	۰/۰۳ ^{NS}	۰/۳	۰/۰۹ ^{NS}	۱/۰۹ [*]	۰/۴۳۴ ^{NS}	۰/۵۱ ^{NS}	۱۵/۲۰ ^{**}	V
۰/۲۴۳	۰/۲۰ ^{NS}	۰/۲۱ ^{NS}	۰/۴۶ ^{NS}	۰/۶۳ ^{NS}	۰/۰۶۶ ^{NS}	۰/۵۰ ^{NS}	۱۱/۸۷ ^{**}	Cr
۰/۲۷	۰/۳۶ ^{NS}	۰/۱۸ ^{NS}	۰/۰۰۲ ^{NS}	۰/۶۹ ^{NS}	۰/۲۶ ^{NS}	۰/۲۳ ^{NS}	۱۲/۷۸ ^{**}	Cd
۰/۳۷	۰/۱۶ ^{NS}	۰/۲۰ ^{NS}	۰/۲۱۳ ^{NS}	۰/۲۵ ^{NS}	۰/۶۳ ^{NS}	۰/۱۹ ^{NS}	۰/۲۶ ^{NS}	As
۲/۱۲۵E-۰۵	۰/۰۰۰۰۴۴ ^{NS}	۰/۰۰۰۰۱۶ ^{NS}	۰/۰۰۰۰۰۵ ^{NS}	۰/۰۰۰۰۰۱ ^{NS}	۳E-۰۸ ^{NS}	۰/۰۰۰۰۳ ^{NS}	۰/۰۰۰۰۱ ^{NS}	Hg
۲/۸۷۵E-۰۵	۰/۰۰۰۰۲۷ ^{NS}	۰/۰۰۰۰۱۱ ^{NS}	۰/۰۰۰۰۱۴ ^{NS}	۰/۰۰۰۰۰۱ ^{NS}	۴/۱E-۰۵ ^{NS}	۰/۰۰۰۰۱ ^{NS}	۰/۰۰۰۰۷ ^{NS}	Co
۴/۲۹۲E-۰۵	۰/۰۰۰۰۲۶ ^{NS}	۰/۰۰۰۰۳۸ ^{NS}	۰/۰۰۰۰۷۹ ^{NS}	۰/۰۰۰۰۱۱ ^{NS}	۱/۲E-۰۵ ^{NS}	۰/۰۰۰۰۱ ^{NS}	۰/۰۰۱۸۲ ^{**}	Cr

^{NS} نبود تفاوت معنی دار (P > 0.05)، *، ** به ترتیب تفاوت معنی دار (P < 0.01، P < 0.05)

جدول ۳- مقایسه تغییرات مقدار عناصر در دو فصل بهار و پاییز ($P < 0.05$)

Fe	C/K	C/P	K	C	P	N	پارامتر
۱/۵۲±۰/۰۷ ^b	۱۲/۵۸±۰/۳۷ ^a	۱۷۱/۲±۶/۵۲ ^a	۳۶/۳۷±۱/۱۷ ^b	۴۴۷/۶±۲/۴۴ ^b	۲/۷۰±۰/۱۱ ^b	۲۲/۴±۰/۸۶ ^b	خرداد
۵/۱۱±۰/۴۵ ^a	۱۰/۵۰±۰/۴۵ ^b	۱۵۳/۳±۵/۱۹ ^b	۴۵/۲۳±۱/۸۶ ^a	۴۵۶/۱±۲/۶۲ ^a	۳/۰۵±۰/۱۱ ^a	۲۵/۵±۰/۶۹ ^a	مهر

ادامه جدول ۳

Si	Zn	Mn	Cu	Na	Mg	Ca	پارامتر
۱/۵۸±۰/۱۱ ^b	۰/۲۱±۰/۰۱ ^b	۰/۱۹±۰/۰۲ ^b	۰/۰۴±۰/۰۰۲ ^b	۲/۹۰±۰/۰۶ ^b	۵/۷۲±۰/۲۴ ^b	۴۵/۴۵±۱/۶۲ ^b	خرداد
۱/۸۸±۰/۱۹ ^a	۰/۴۶±۰/۰۴ ^a	۰/۴۰±۰/۰۶ ^a	۰/۱۰±۰/۰۱ ^a	۵/۹۰±۰/۲۹ ^a	۹/۶۵±۰/۶۴ ^a	۱۳۲/۵۹±۹/۱۳	مهر

حروف لاتین به معنای وجود تفاوت معنی دار میان دو گروه است.
واحدها براساس میلی گرم بر گرم ماده خشک هستند.

جدول ۴- مقایسه پارامترهای عنصری در شش منطقه جنگلی بلوط استان ایلام با استفاده از مقایسه میانگین دانکن.
واحدها براساس میلی گرم بر گرم ماده خشک هستند.

Mn	Cu	Mg	Ca	Ni	C/P	C	نام سایت
۰/۲۳±۰/۰۷ ^{cd}	۰/۰۷±۰/۰۱ ^a	۸/۷۵±۱/۲ ^a	۹۶/۹±۱۷/۴ ^{ab}	۰/۱۵±۰/۰۶ ^b	۱۶۳/۶±۹/۹ ^{abc}	۴۲۸/۹±۲/۱۹ ^c	پایین بند شمالی
۰/۲۶±۰/۰۲ ^{abc}	۰/۰۵±۰/۰۱ ^b	۴/۹۸±۰/۵ ^b	۴۹/۴±۲/۶ ^c	۰/۰۹±۰/۰۳ ^c	۱۴۱/۸±۱۴/۳ ^c	۴۵۲/۳±۲/۸۸ ^b	میان بند شمالی
۰/۳۱±۰/۰۳ ^{ab}	۰/۰۸±۰/۰۱ ^a	۷/۹۸±۱/۰ ^a	۱۰۴/۶±۲۴/۲ ^a	۰/۱۵±۰/۰۵ ^b	۱۵۶/۹±۵/۳ ^{bc}	۴۵۸/۴±۲/۵۸ ^b	بالا بند شمالی
۰/۱۶±۰/۰۲ ^d	۰/۰۷±۰/۰۱ ^a	۸/۰۱±۰/۹ ^a	۸۹/۸±۱۹/۸ ^{bc}	۰/۱۶±۰/۰۶ ^a	۱۷۵/۱±۷/۱ ^{ab}	۴۵۴/۵±۲/۶۸ ^b	پایین بند جنوبی
۰/۳۶±۰/۱۷ ^{bcd}	۰/۰۷±۰/۰۱ ^a	۸/۶۳±۱/۳ ^a	۱۰۷/۲±۲۴/۶ ^{ab}	۰/۱۵±۰/۰۵ ^b	۱۸۷/۱±۱۱/۳ ^a	۴۶۴/۶±۲/۴۲ ^a	میان بند جنوبی
۰/۴۶±۰/۰۹ ^a	۰/۰۸±۰/۰۲ ^a	۷/۷۵±۰/۹ ^a	۸۶/۳±۱۶/۱ ^{abc}	۰/۱۶±۰/۰۶ ^{ab}	۱۴۹/۱±۶/۶ ^{bc}	۴۵۲/۲±۱/۸۷ ^b	بالا بند جنوبی

حروف لاتین مشترک در هر ستون از نظر آماری با یکدیگر تفاوت معنی دار ندارند.

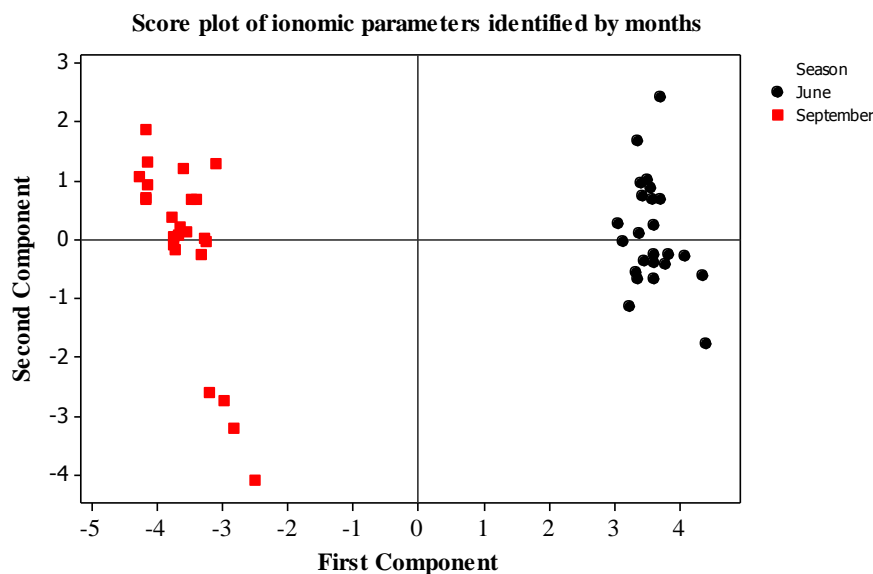
جدول ۵- مقایسه پارامترهای عنصری براساس شاخص سلامت با استفاده از مقایسه میانگین دانکن.
واحدها براساس میلی گرم بر گرم ماده خشک هستند.

N/K	K/P	C/P	C/N	P	N	شاخص سلامت
۰/۶۴±۰/۰۵ ^a	۱۳/۶۵±۱/۰۳ ^b	۱۴۶/۱۱±۵/۸۳ ^b	۱۷/۶۹±۰/۷۳ ^b	۳/۱۲±۰/۱۱ ^a	۲۵/۷۶±۰/۸۸ ^a	پایه های سالم
۰/۶۹±۰/۰۳ ^a	۱۲/۹۱±۰/۷۸ ^b	۱۵۲/۶۱±۶/۷۳ ^b	۱۷/۶۱±۰/۴۳ ^b	۳/۰۹±۰/۱۴ ^a	۲۶/۲۰±۰/۶۸ ^a	پایه های به نسبت سالم
۰/۵۲±۰/۰۳ ^b	۱۶/۹۰±۱/۰۳ ^a	۱۸۰/۸۶±۶/۲۷ ^a	۲۲/۰۱±۰/۸۳ ^a	۲/۵۴±۰/۱۰ ^b	۲۰/۹۵±۰/۸۷ ^b	پایه های ضعیف

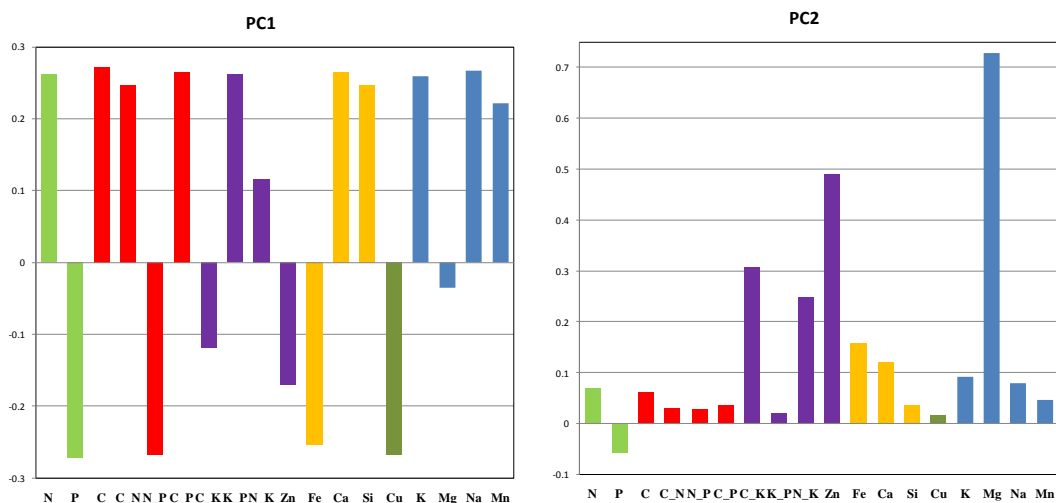
حروف لاتین مشترک در هر ستون از نظر آماری با یکدیگر تفاوت معنی دار ندارند.

شده است، مقدار $C/P, K/P, Ca, Si, K, Na, Mn$ در جهت مثبت و مقدار $Zn, Fe, Cu, C/N, N/P$ در جهت منفی بیشترین سهم را داشتند، مؤلفه دوم ۸/۷ درصد از کل واریانس داده‌ها را توجیه کرد. در مؤلفه دوم مقدار $C/K, N/K, Zn, Mg$ جهت مثبت بیشترین سهم را در مؤلفه اول داشتند (شکل ۲).

مجموع مقادیر ویژه برابر با کل واریانس داده‌ها (۱۷/۶۵) است (جدول ۶) و مقدار ویژه برای یک مؤلفه اصلی، سهم واریانس آن مؤلفه را از واریانس کل نشان می‌دهد (جدول ۶) / مؤلفه اول به تنهایی ۷۳/۷ درصد از کل تنوع را تبیین کرد و ۲۵/۱ درصد از تغییرات توسط هفت مؤلفه دیگر توجیه شد. در مؤلفه اول همان‌طور که در شکل ۱ و جدول ۷ نشان داده



شکل ۱- تجزیه به مؤلفه‌های اصلی پایه‌های بلوط تحت مطالعه براساس پارامترهای یونومیک حاصل از نمونه‌برداری در دو فصل. مؤلفه‌های اول و دوم در مجموع ۴/۸۲ درصد از تنوع میان داده‌های یونومیک را تبیین می‌کنند.



شکل ۲- سهم هر یک از عناصر در تبیین مؤلفه‌های اول و دوم تجزیه به مؤلفه‌های اصلی. مؤلفه اول ۷/۷۳ درصد از تنوع و مؤلفه دوم ۸/۷ درصد از تنوع را بیان می‌کند.

جدول ۶- مقدار ویژه، میزان واریانس نسبی و تجمعی برای ده مؤلفه اصلی صفات بونومیک در دو فصل بهار و پاییز

مؤلفه							
اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم
۱۳/۲۷۴	۱/۵۶۱	۰/۹۰۴	۰/۸۴	۰/۴۲	۰/۲۷۸	۰/۱۹	۰/۱۸۵
۰/۷۳۷	۰/۰۸۷	۰/۰۵	۰/۰۴۷	۰/۰۲۳	۰/۰۱۵	۰/۰۱۱	۰/۰۱
۰/۷۳۷	۰/۸۲۴	۰/۸۷۴	۰/۹۲۱	۰/۹۴۴	۰/۹۶	۰/۹۷	۰/۹۸۱

جدول ۷- ضریب تبیین برای چهار مؤلفه اصلی حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی صفات بونومیک در دو فصل بهار و پاییز

Variable	PC1	PC2	PC3	PC4
N	۰/۲۶۱	۰/۰۷	-۰/۱۱۶	۰/۰۷۴
P	-۰/۲۷۲	-۰/۰۵۷	-۰/۰۰۷	۰/۰۶۲
C	۰/۲۷۳	۰/۰۶	-۰/۰۰۱	-۰/۰۴۹
C/N	۰/۲۴۷	۰/۰۲۹	۰/۲۰۲	-۰/۲۲۹
N/P	-۰/۲۶۸	۰/۰۲۸	-۰/۰۶	-۰/۰۶۶
C/P	۰/۲۶۵	۰/۰۳۶	۰/۱۲۸	-۰/۰۷۳
C/K	-۰/۱۱۹	۰/۳۰۶	-۰/۲۱۶	-۰/۸۵۴
K/P	۰/۲۶۱	۰/۰۱۹	۰/۱۹۹	-۰/۰۰۳
N/K	۰/۱۱۶	۰/۲۴۹	-۰/۸۲۹	۰/۲۵
Zn	-۰/۱۷	۰/۴۹	۰/۲۱۹	۰/۲۱۹
Fe	-۰/۲۵۳	۰/۱۵۸	۰/۰۶۹	۰/۰۷۷
Ca	۰/۲۶۵	۰/۱۲	۰/۰۴۴	-۰/۰۵
Si	۰/۲۴۷	۰/۰۳۶	-۰/۰۴۲	-۰/۱۵
Cu	-۰/۲۶۸	۰/۰۱۶	۰/۰۱۳	-۰/۱۷
K	۰/۲۵۹	۰/۰۹۱	۰/۱۳۲	۰/۰۵۷
Mg	-۰/۰۳۵	۰/۷۲۸	۰/۱۸۸	۰/۱۴۳
Na	۰/۲۶۷	۰/۰۷۹	۰/۰۷۳	-۰/۰۴۵
Mn	۰/۲۲۱	۰/۰۴۷	-۰/۱۹۴	۰/۰۱۳

استفاده از مؤلفه‌های اصلی آن است که می‌توان رابطه بین جمعیت‌ها یا مناطق را در یک فضای چندبعدی مشاهده کرد. با استفاده از این فضای مختصاتی می‌توان موقعیت جمعیت‌ها را نسبت به یکدیگر و نیز نسبت به مناطق تحت آزمایش شناسایی کرد. از آنجا که دو مؤلفه اول بالاترین ریشه‌های مشخصه را دارند،

یکی از اهداف این تجزیه این است که صفات یونومیک تحت بررسی را در قالب چند مؤلفه اصلی خلاصه کرده و نقش این صفات را در تبیین تنوع کل بیان کند. در مؤلفه اول که بیشترین تغییرات را توجیه کرد، مقدار Mg، Zn و نسبت C/K در جهت مثبت بیشترین سهم را در توجیه تنوع داشتند. سودمندی

در حال افزایش است (Peñuelas et al., 2011). از سوی دیگر، افزایش در رسوب N می‌تواند با افزایش CO₂ در اتمسفر همراه باشد تا ظرفیت برخی از اکوسیستم‌های طبیعی را برای ذخیره‌سازی C افزایش دهد. در تحقیق حاضر تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به‌خوبی افزون‌بر تفکیک داده‌های بهار و پاییز، اهمیت هر یک از پارامترها را مشخص کرد.

یکی از پیامدهای تغییرات اقلیم، افزایش خشکی‌های زمین و افزایش نرخ تبخیر است که عاملی برای افزایش مرگ‌ومیر درختان جنگلی خواهد بود (IPCC, 2007). تغییرات اقلیم از طریق دو مسیر بر استوکیومتری موجودات و اکوسیستم‌ها تأثیر می‌گذارد. ۱. تغییر در نسبت C/P و C/N در تولیدکنندگان به تغییر کیفیت مواد غذایی و در پی آن تغییر چرخه غذایی منجر می‌شود. به این ترتیب نسبت C/P و C/N در مصرف‌کنندگان تغییر می‌کند و ترکیب اکوسیستم از مواد مغذی غنی به سمت فقیر یا برعکس سوق داده می‌شود؛ ۲. تغییر در نسبت N/P در موجودات زنده و محیط اطراف آن ممکن است رقابت یک گونه را با توجه به نرخ رشد و شیوه زندگی آن تغییر دهد (Elser & Hamilton, 2007) و به افزایش خطر انقراض برخی از گونه‌ها و تولید عوامل پیش‌بینی‌ناپذیر بینجامد. خشکسالی عامل بالقوه در تغییر روابط نسبت عناصر C: N: P: K در ارگان‌های مختلف گیاه و اکوسیستم و در نهایت ساختار و عملکرد آنهاست (Sardans et al., 2007). K نیز تأثیر مهمی در شرایط کم‌آبی برای جلوگیری از تلفات آب، از طریق افزایش غلظت برگ دارد. تنوع زیادی که در گیاهان در نسبت C: N: P: K با توجه به زمان و مکان (طول و عرض جغرافیایی) وجود دارد، خود می‌تواند عامل مهمی برای انتخاب برگ‌خواران باشد (Sardans et al., 2012).

C، N و P در صورت شرکت در ساختار اجزای مولکولی نظیر لیگنین و ترکیبات مشابه می‌توانند عاملی برای اجتناب برگ‌خواران باشد

می‌توان گروه‌بندی ارقام را براساس این دو مؤلفه انجام داد. بر این مبنا پایه‌های تحت بررسی در دو گروه متمایز قرار گرفتند.

بحث

اندازه‌گیری پارامترهای عنصری در بلوط‌های زاگرس بیانگر تفاوت معنی‌دار مقدار تعدادی از عناصر در دو زمان نمونه‌برداری و نیز تفاوت معنی‌دار در میان پایه‌های سالم، تقریباً سالم و ضعیف بود. اولین نمونه‌برداری در این پژوهش در ماه خرداد بود و نمونه‌برداری دوم بعد از گذراندن فصل گرما و خشکی طولانی‌مدت در ماه مهر انجام گرفت. در طی این مدت غلظت K در برگ‌ها افزایش یافت و در پی آن نسبت K/P افزایش و نسبت C/K و N/K در برگ‌ها کاهش یافت. از نظر شاخص سلامت نیز میان سه گروه بلوط تفاوت معنی‌دار در مقدار N، P، C/P، K/P، C/N، N/K مشاهده شد. غلظت زیاد K برگ و نسبت کم C/K در نتایج تحقیق حاضر، در توافق با یافته‌های دیگر محققانی است که در فصول مختلف در نواحی مدیترانه کار کرده‌اند (Sardans et al., 2012; Rivas-Ubach et al., 2014). K از طریق کنترل اسمزی و بهبود عملکرد روزه‌ها، مقدار آب را در گیاه مدیریت می‌کند. در تابستان این تغییرات با غلظت بیشتر قندهای محلول از جمله ساکارز همراه است که می‌تواند به‌عنوان یک اسمولیت، همراه با K عمل کند و به کنترل اسمزی منجر شود (Shariat et al., 2009; 2018). P می‌تواند عاملی محدودکننده باشد، زیرا به‌طور مستقیم بر ظرفیت تولید گیاه تأثیر می‌گذارد و فیکس کردن N₂ را محدود می‌کند. استفاده گسترده از کودها موجب افزایش نسبت N/P در اکوسیستم‌های طبیعی و اکوسیستم‌های آبی می‌شود و در برخی از اکوسیستم‌های گیاهان، نسبت N/P خاک می‌تواند کاهش یابد؛ بنابراین به‌طور کلی، اهمیت P به‌عنوان عامل محدودکننده در اکوسیستم‌های دریایی و آبرزی

اندازه‌گیری شده در برگ درختان ناسالم بلوط بیشتر از درختان سالم بود. همچنین درختان بلوط شیب جنوبی نسبت به شیب شمالی، عناصر بیشتری جذب کردند که این اختلاف برای Pb، Cd، و As معنی‌دار بود ($P \leq 0.05$) (Jahanbazy Goujani et al., 2018). داده‌های این پژوهش نشان داد که درختان در طی تابستان و شرایط خشک می‌توانند از طرق مختلف نسبت به کاهش دسترسی به آب پاسخ دهند. در این فصل تمایل درختان به مصرف بیشتر K به‌عنوان تنظیم‌کننده اسمزی و افزایش مقدار عناصر N، P، C، Fe، Ca و Mg همراه بود. از آنجا که افزایش تعدادی از عناصر با افزایش ترکیباتی نظیر اسیدهای آمینه و قندهای محلول همراه است، خود سبب جذب آفات برگ‌خوار می‌شود و به تضعیف بیشتر درخت می‌انجامد، اگرچه در تحقیق حاضر فقط مقدار عناصر مختلف بررسی شد. همچنین بررسی مقدار عناصر آلاینده (Co، Hg، As، Cd، Cr، Pb، Ni، Zn، Mn) در پایه‌های سالم، نیمه‌سالم و ضعیف، تفاوت معنی‌داری را نشان نداد، به این ترتیب که به‌نظر می‌رسد عامل خشکیدگی درختان مربوط به جذب عناصر آلاینده از طریق برگ‌ها نیست، بلکه احتمالاً تحت تأثیر مقدار عناصر غذایی و نسبت آنها (N، P، C، K) است. تحقیق حاضر، نمونه‌ای از بررسی روابط میان عناصر به‌منظور درک سازوکارها و تفسیر پیامدهای زوال است تا بتوان در قدم بعد راهکارهای مناسب را برای افزایش توان مقابله گونه‌های بلوط در برابر ناملايمات محیطی معرفی کرد.

(Rivas-Ubach et al., 2014).

عناصر آلاینده می‌توانند از طریق بارندگی و گردوغبار بر سطح برگ قرار گیرند. از طرفی دیگر آلاینده‌های هوا می‌توانند بر سطح برگ‌ها باقی بمانند و از طریق روزنه‌ها وارد برگ شوند و در بافت‌های آن تجمع یابند. در پژوهش‌های مختلف، از درختان به‌عنوان شاخص‌های زیستی برای نشان دادن آلاینده‌های موجود در هوا استفاده شده است (Assareh & Shariat, 2008). در تحقیق حاضر افزایش اندک مقدار Cu، Mn و Zn در طی فصل تابستان احتمالاً نشان از توفان‌های گردوغبار دارد، اگرچه زمانی که پایه‌ها براساس شاخص سلامت با یکدیگر مقایسه شدند در مقدار عناصر آلاینده ذکر شده تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد؛ بنابراین فرض احتمال اثر توفان‌های گردوغبار رد می‌شود. نتایج پژوهش حاضر با تحقیق صورت‌گرفته در رویشگاه مله‌سیاه در توافق است، به این ترتیب که در تحقیق ذکر شده مقدار عناصر Ni، Zn، Pb و Cd در پایه‌های بلوط در حال خشک شدن و پایه‌های سالم اندازه‌گیری شده و نشان داده شد که تغییر معنی‌داری از نظر مقدار عناصر ذکر شده میان پایه‌های سالم و در حال خشک شدن وجود ندارد (Nouri et al., 2016). اگرچه تحقیق حاضر با تحقیقی که در منطقه جنگلی هلن استان چهارمحال و بختیاری انجام گرفته است، همخوانی ندارد. به این ترتیب که در تحقیق ذکر شده که با هدف ارزیابی آلاینده‌های Pb، Cd، Ni، As و Hg بر زوال بلوط انجام گرفت، مقدار Cd و Pb

References

- Assareh, M.H., & Shariat, A. (2008). Seedling response of three *Eucalyptus* species to copper and zinc toxic concentrations. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 6(2), 97–103.
- Avila, J. M., Gallardo, A., Ibáñez, B., & Gómez-Aparicio, L. (2016). *Quercus suber* dieback alters soil respiration and nutrient availability in Mediterranean forests. *Journal of Ecology*, 104(5), 1441–1452.
- Bremner, J.M. (1970). Nitrogen total, regular Kjeldahl method, In: *Methods of Soil Analysis, Part II: Chemical and Microbiological Properties*. 2nd ed. Agronomy. Madison publisher (pp. 610-616). Wisconsin, USA.

- Chapman, H.I., & Pratt, P.F. (1961). *Methods of Analysis for Soils, Plants and Waters*. The University of California's Division of Agricultural Science, Berkeley, California, USA.
- Dragut, E.C., Ouzzani, M., Madkour, A., Mohamed, N., Baker, P., Salt, D.E., & Tier, D. (2012). Ionomics Atlas - A Tool To Explore Interconnected Ionomic , Genomic and Environmental Data. Proceedings of the 21st ACM International Conference on Information and Knowledge Management, CIKM, New York, USA, 2680–2682.
- Elser, J.J., & Hamilton, A. (2007). Stoichiometry and the new biology - The future is now. *Plos Biology*, 5, 1403-1405.
- Hooshmand Khangahi, S., Ghamarizare, A. Shariat, A. Kiarostami, K. (2014). The study of phytoremediation potential of 3 species of *Salixalba*, *S. acmophylla* and *S. fragilis* under Lead stress, Iranian Journal of Forest and Range Protection Research, 11(2), 69-78.
- Hosseini, A. (2017). Variability of nitrogen and phosphorous in Persian oak trees and soil of dieback affected stands in Ilam. *Forest and Wood Products*, 70(2), 231–240.
- IPCC. (2007). Core Writing Team, Pachauri RK, Reisinger A. Fourth Assessment Report: Climate change 2007 (AR4) Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland: IPCC.
- Jahanbazy Goujani, H. Iranmanesh, Y. Talebi, M., Shirmardi, H., Mehnatkesh , A. & Pourhashemi, M. (2018). Measuring of heavy elements in leaves of healthy and unhealthy Brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.) trees in Helen area of Chaharmahal and Baktiari province. *Journal of Forest and Wood Products*, 71(1), 71–81.
- Kabrick, J.M., Dey, D.C., Jensen, R.G., & Wallendorf, M. (2008). The role of environmental factors in oak decline and mortality in the Ozark Highlands. *Forest Ecology and Management*, 255, 1409-1417.
- McDowell, N.G., Ryan, M.G., Zeppel, M.J.B. & Tissue, D.T. (2013) Improving our knowledge of drought-induced forest mortality through experiments, observations, and modeling. *New Phytologist*, 200, 289–29.
- Najafpour Navaei, M., & Shariat, A. (2017). A study on ionomic indices of *Zataria multiflora* Boiss.: an Iranian native medicinal plant. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 33(5), 812–819.
- Nicewicz, D., & Szczepkowski, A. (2008). The content of heavy metals in the wood of healthy and dying beech trees [*Fagus sylvatica* L.]. *Acta Scientiarum Polonorum. Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria*, 7(4), 35–44.
- Nouri, E., Matinizadeh, M., Moshki, A.R., Ensafi Moghadam, T., & 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.
- Panahi, P., & Jamzad, Z. (2017). The conservation status of oak species of Iran. *Iran Nature*, 2(4), 82-91.
- Peñuelas, J., Sardans, J., Llusia, J., Owen, S.M., & Niinemets, U. (2011). Lower P contents and more widespread terpene presence in old Bornean than in young Hawaiian tropical plant species guilds. *Ecosphere*, 2, 1 - 19.
- Rivas-ubach, A., Gargallo-garriga, A., Sardans, J., Oravec, M., Mateu-castell, L., Urban, O., & Pe, J. (2014). Drought enhances folivory by shifting foliar metabolomes in *Quercus ilex* trees. *New Phytologist*, 202, 874–885.
- Rozas, V., & Sampedro, L. (2013). Soil chemical properties and dieback of *Quercus robur* in Atlantic wet forests after a weather extreme. *Plant and Soil*, 373(1-2), 673–685. doi:10.1007/s11104-013-1835-5

- Rozas, V., Garcia-Gonzalez, I. (2012) Too wet for oaks? Inter-tree competition and recent persistent wetness predispose oaks to rainfall-induced dieback in Atlantic rainy forest. *Global Planet Chang* 94–95:62–71.
- Sardans J, Rivas-Ubach A, Penuelas J. 2012. The C: N: P stoichiometry of organisms and ecosystems in a changing world: a review and perspectives. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 14, 33–47.
- Sardans, J., & Penuelas, J. (2007). Drought changes the dynamics of trace element accumulation in a Mediterranean *Quercus ilex* forest. *Environmental Pollution*, 147, 567–583.
- Schomaker, M.E., Zarnoch, S.J., Bechtold, W.A. Latelle, D.J., Burkman, W.G., & Cox., S.M. (2007). Crown-condition classification: A guide to data collection and analysis. USDA For Serv, General Technical Report SRS–102. Asheville, NC. 78 p.
- Shariat A., & Assareh, M.H. (2009). Effects of drought stress on *Eucalyptus camaldulensis* at germination and seedling stage. *Review of Forests, Wood Products and Wood Biotechnology of Iran and Germany*. Universitatsdrucke Gottingen, 3, 245-255.
- Shariat, A., Assareh, M.H., & Ghamari-zare, A. (2017). Antioxidative Responses of *Eucalyptus camaldulensis* to Different Concentrations of Copper. *Journal of Plant Physiology and Breeding*, 7(1), 41–52.
- Shariat, A., Karimzadeh, G., Assareh, M.H., & Hadian, J. (2018). Metabolite profiling and molecular responses in a drought-tolerant savory, *Satureja rechingeri* exposed to water deficit. *3 Biotech*, 8(477), 1–12.
- Shariat, A., Assareh, M.H., & Ghamari-zare, A. (2017). Osmoprotectants and physiological responses of three *Eucalyptus* species to toxic concentrations of lead. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 25(1), 137-147.
- Szczepkowski, A., Quercus, R. L., Petraea, Q., & Nicewicz, D. (2008). The content of heavy metals in the wood of healthy and dying oak trees. *Acta Scientiarum Polonorum Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria*, 7(4), 55–65.



Research Article

**An ionome study in Persian oak (*Quercus brantii* Lindl)
to evaluate factors affected oak decline**

A. Shariat^{1*}, H. Mirzaie-Nodoushan², M. Mirza², Z. Zare³, H. Keneshloo⁴, F. Taghavi³

¹ Ph.D., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I.R. Iran.

² Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I.R. Iran.

³ M.Sc. Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I.R. Iran.

⁴ Assistant Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agriculture Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

(Received: 22 June 2019, Accepted: 12 October 2019)

Abstract

Zagros forests with an area over six million hectares are important for economic, social and environmental aspects. More than one million hectare of Zagros forests has been declined. This research was carried out by selecting six sites at different altitudes and slopes. At each site, 30 oak (*Quercus brantii*) trees were selected. Sampling was done at any point on a certain level with an area of 20 hectares. It was achieved in June and October and 20 elemental parameters were measured. In order to investigate the relationship between ionomics and oak decline, oak stands were classified into healthy, endangered, and damaged bases. The results of univariate analysis of variance based on three factors of season, region, and crown health index showed a significant difference in the number of elements such as N, P, C, K, C / P, C / K, Fe, Ca, Mg, Na, Cu, Mn, Zn, Si in spring and autumn ($P < 0.05$). Also, there was a significant difference among six sites examined for the amount of C, C / P, Ca, Mg, Cu, Mn, and Ni. In terms of health index, a significant difference was observed amongst N, P, C / P, K / P, N / K, C / N. The results of the principle component analysis indicate that the traits with the greatest effect on the explanation of the first component can be used as decline factors. The present study provided a precise estimate of the ionome characteristics of Iranian oak, in order to provide a suitable step for enhancing the ability of oak species to cope with environmental problems.

Key words: Oak, decline, ionome, abiotic stress, physiological traits.