



مطالعه زوال بلوط (*Quercus brantii* Lindl.) در ارتباط با خصوصیات خاک و پاسخ‌های اکوفیزیولوژیک آن

زهرا عظیم‌نژاد^۱، ضیاء‌الدین باده‌یان^{۲*} و عبدالحسین رضایی‌نژاد^۳

^۱ دانشجوی دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد
^۲ استادیار گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد
^۳ استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱/۲۲، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۹/۸)

چکیده

به منظور بررسی ارتباط خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و همچنین ویژگی‌های اکوفیزیولوژیکی درختان بلوط با پدیده خشکیدگی در منطقه مله‌شبانان، ۳۰ قطعه نمونه مربعی به روش منظم تصادفی به مساحت ۲۵۰۰ متر مربع و با استفاده از شبکه‌ای به ابعاد ۲۰۰×۲۰۰ متر مربع انتخاب شد. به کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) نقشه واحدهای همگن منطقه تهیه شد. درصد خشکیدگی در هر قطعه نمونه محاسبه شد و نمونه برداری از خاک و برگ درختان انجام گرفت. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مانند بافت، هدایت الکتریکی، اسیدیته، وزن مخصوص ظاهری، درصد خلل و فرج، کربن و مواد آلی و غلظت عناصر کلسیم، منیزیم، فسفر، پتاسیم، نیتروژن و سدیم اندازه‌گیری شد. آنزیم‌های پراکسیداز، کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، مالون‌دی‌آلدهید، اسید آمینه پرولین، کلروفیل a، b، کلروفیل کل و رنگدانه کاروتنوئید و غلظت عناصر کلسیم، منیزیم، فسفر، پتاسیم، نیتروژن و سدیم در برگ درختان سنجش شد. نتایج نشان داد که بین طبقات مختلف خشکیدگی از نظر متغیرهای درصد رس، درصد شن، کلسیم و نسبت نیتروژن به فسفر برگ و غلظت مالون‌دی‌آلدهید اختلاف معنی‌داری وجود دارد. کلسیم برگ با افزایش طبقات خشکیدگی افزایش یافت، در حالی که مالون‌دی‌آلدهید ابتدا افزایش و سپس کاهش نشان داد. نتایج تحلیل تطبیقی متعارفی (CCA) نیز نشان داد که فراوانی درختان در طبقات خشکیدگی بالا و تعداد درختان کاملاً خشکیده با وزن مخصوص ظاهری و درصد رس ارتباط مستقیم و با تخلخل، درصد شن و میزان منیزیم، پتاسیم و نیتروژن خاک ارتباط معکوس دارد.

واژه‌های کلیدی: جنگل‌های زاگرس، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، زوال بلوط، ویژگی‌های اکوفیزیولوژیک.

مقدمه

به‌طور گسترده در جنگل‌های بلوط اروپا (Drobyshev et al., 2007; Sohar et al., 2014; Siwecki & Liese, 1991) و شمال آمریکا (Catton et al., 2007; Starkey et al., 2004) به وقوع پیوسته است. گزارش‌هایی از رخداد این پدیده

زوال تاکنون سبب مرگ ناگهانی میلیون‌ها درخت بلوط در سراسر جهان شده است و البته این میزان در گونه‌ها یا مناطق جغرافیایی مختلف، شدت و ضعف دارد (Gillner et al., 2013). این پدیده

در (Kabric et al., 2008; Zarafshar et al., 2020). این شرایط هر عاملی که به‌نحوی با حیات درختان و رشد و نمو آنها در ارتباط است، می‌تواند بر مقاومت درختان به تنش‌های محیطی تأثیر بگذارد و درختان تضعیف‌شده را مستعدتر به خشکیدگی و مرگ کند (Das et al., 2011). برای مثال در خاک‌های کم‌عمق که نفوذپذیری آب در آنها کم است، رواناب سطحی شدید، سبب شستن خاک می‌شود و مواد آلی و معدنی آن را از بین می‌برد؛ در نتیجه درختان حساس با کمبودهای تغذیه‌ای مواجه می‌شوند که این موضوع به مرگ‌ومیر درختان می‌انجامد (Mahdavi et al., 2015). از طرفی خشکی موجب بروز یا تشدید تنش‌های دیگر، به‌خصوص تنش کمبود عناصر غذایی و همچنین اختلال در روند جذب و تجمع عناصر غذایی می‌شود (Banziger et al., 2000).

دستیابی به دانش دقیق دربارهٔ پاسخ‌های اکوفیزیولوژی گیاهان می‌تواند در موفقیت برنامه‌های احیایی نقش مؤثری داشته باشد (Liu et al., 2011). گونه‌های درختی، پاسخ‌های متفاوتی به خشکیدگی می‌دهند و به تناسب مقاومت و حساسیتشان، تغییرات مورفولوژیک و فیزیولوژیک متفاوتی پیدا می‌کنند (Sardans, 2008). این سازوکارهای مقاومتی به‌طور معمول بسته به نوع گونه و خصوصیات فیزیولوژیکی گونه‌ها متفاوت خواهد بود (McDowell et al., 2008). درختان بلوط مانند گیاهان دیگر، سازگاری‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی متعددی دارند که به کمک آنها تأثیرات نامطلوب عوامل محیطی همچون خشکی را به تأخیر می‌اندازند (Tulik & Bijak, 2016). سازوکارهای فیزیولوژیکی دفاعی می‌تواند رادیکال‌های آزاد را از بین ببرد یا خنثی کند. این سازوکارها شامل سیستم‌های آنزیمی سوپراکسید دسموتاز (SOD)، کاتالاز (CAT)، آسکوربات پراکسیداز (APX) و گلوتاتیون ردوکتاز (GR) و سیستم‌های غیرآنزیمی مانند آسکوربات، توکوفرول، کاروتنوئیدها و ترکیبات دیگری (از جمله فلاونوئیدها، مانیتول‌ها و پلی‌فنل‌ها)

در آسیا نیز منتشر شده است (Mosca et al., 2007). در ایران اولین عارضه‌های پدیدۀ زوال بلوط در سال ۱۳۸۵ در جنگل‌های بلوط زاگرس در استان ایلام مشاهده شد. در جنگل‌های زاگرس گونهٔ بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) وسیع‌ترین پراکنش را در بین جنس گونه‌های بلوط داراست و از درهٔ سیلوانا در آذربایجان غربی تا ارتفاعات جنوبی روستاهای داندجان و چنار سوختهٔ شهرستان فیروزآباد فارس گسترش دارد. از نظر نیازهای اکولوژیکی به‌طورمعمول روی خاک‌هایی با منشأ تشکیلات آهکی و اسیدیتهٔ قلیایی فاقد آبشویی، آهک و رس استقرار یافته که دارای خاک کم‌عمق تا به‌نسبت عمیق است (Jazireii & Ebrahimi Rostaghi, 2003). جنگل‌های بلوط زاگرس که اغلب شاخه‌زاد هستند، سالیان متمادی است که سیر قهقرایی را طی می‌کنند. برداشت غیراصولی از این جنگل‌ها و نداشتن شیوهٔ مدیریتی متناسب با آنها و نیز فشارهای انسانی و معضلات خاص منطقه‌ای مانند آتش‌سوزی، خشکیدگی و سوسک‌های چوب‌خوار، سبب تخریب روزافزون این جنگل‌ها شده است (Marvie Mohadjer, 2014). در چند سال اخیر نیز تنش عمومی ناشی از تشدید عوامل محیطی و انسانی سبب بروز زوال جنگل‌های زاگرس و مرگ این بوم‌سازگان جنگلی شده است (Pourhashemi et al., 2016). زوال با فعل‌وانفعالات فاکتورهایی ارتباط دارد که درختان در طولانی‌مدت در معرض آنها قرار می‌گیرند. این فاکتورها افزون‌بر فراهم کردن زمینه، در زوال نیز مشارکت دارند (Manion, 1981). عوامل مستعدکننده مانند پتانسیل اکولوژیکی، شرایط رویشگاه، اقلیم و آلودگی هوا ممکن است جنگل را بی‌ثبات کند. فاکتورهای تحریک‌کننده مانند حشرات، قارچ‌ها، یخبندان و خشکی ممکن است سبب انحطاط یک بوم‌سازگان بی‌ثبات و خسارت زیاد شود (Larsen, 1995). برخی از محققان، خشکی را معمول‌ترین و اصلی‌ترین عاملی دانسته‌اند که تنش زمینه‌ای را در درختان بلوط ایجاد کرده است

درختان بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) اشاره کرد. در این پژوهش مقدار پرولین برگ درختان سرخشکیده بیشتر از درختان سالم بود. دیگر صفات بررسی شده تغییر معنی داری بین درختان سالم و سرخشکیده نشان ندادند. (Ozturk et al., 2010). بررسی پاسخ‌های اکوفیزیولوژیکی چهار گونه *Pistacia lentiscus* L., *Quercus coccifera* L., *Ceratonia olea oleaster* Hoffm. & Link و *siliqua* L. در بوم‌سازگان‌های مدیترانه شرقی نشان دادند که میزان فتوسنتز خالص و تنفس روزانه در گونه‌های پسته و بلوط در رویشگاه مخروبه بیشتر از رویشگاه سالم بود. (Liu et al., 2011). ضمن بررسی تأثیر خشکی بر رنگدانه‌ها، تنظیم اسمزی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در شش گونه چوبی (دو گونه درختچه‌ای و چهار گونه درختی) بیان کردند که خشکی به‌طور معنی داری محتوای رنگدانه‌ها را کاهش داد، اما نسبت کاروتنوئید به کلروفیل‌ها را افزایش داد.

به‌طور کلی برای مقابله با پدیده زوال جنگل‌های زاگرس، شناخت عوامل تأثیرگذار بر این پدیده به‌منظور معرفی راهکارهای علمی کاهش زوال و خشکیدگی درختان بلوط و سپس تلاش برای احیای آنها ضروری است. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در خشکیدگی درختان بلوط و پاسخ اکوفیزیولوژیک این گونه به درجات مختلف خشکیدگی و همچنین بررسی وضعیت تغذیه‌ای درختان زوال یافته در منطقه مله‌شبانان انجام گرفت. در این تحقیق به این سؤال‌ها پاسخ داده شد که آیا خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در بروز پدیده خشکیدگی درختان بلوط تأثیرگذار بوده‌اند؟ آیا شدت خشکیدگی متفاوت درختان بلوط به علت اختلاف آنها در توانایی فتوسنتز و حفاظت آنتی‌اکسیدانی است؟ آیا بین طبقات مختلف خشکیدگی درختان اختلافی از نظر جذب عناصر غذایی وجود دارد؟

است (Blokhin et al., 2003). از طرفی در زمان وقوع تنش، گیاه با افزایش زیست‌ساخت اسیدهای آمینه‌ای مثل پرولین سبب حفظ فشار آماس و ادامه رشد سلول می‌شود (McKersie & Leshem, 1994). مالون‌دی‌آلدئید (MDA) نیز محصول نهایی پراکسیداسیون لیپیدهای غیراشباع سلول است و از این رو نشانگر زیستی مناسبی است که برای تعیین میزان پراکسیداسیون لیپیدی ناشی از تنش اکسند در سلول به کار برده می‌شود (Sofa et al., 2004).

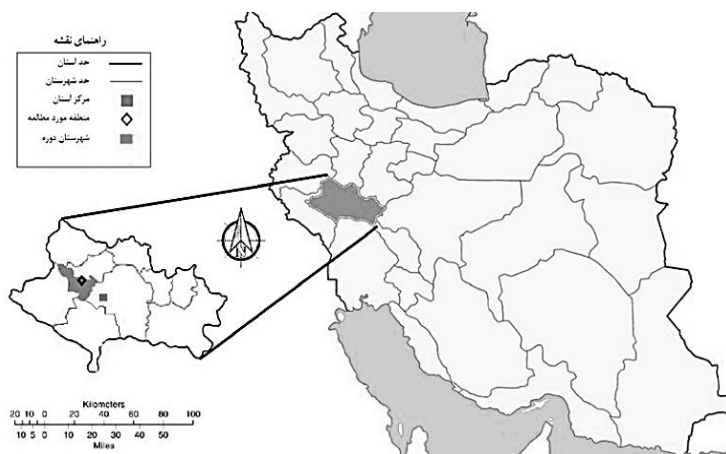
درباره نقش خصوصیات خاک در خشکیدگی درختان تحقیقات متفاوتی صورت گرفته است. (Parvaneh et al., 2016) با بررسی ارتباط بین مقدار خشکیدگی درختان بلوط ایرانی با خصوصیات خاک در جنگل‌های قلاجه کرمانشاه نشان دادند که بین تعداد درختان خشکیده با رطوبت، بافت خاک، وزن مخصوص ظاهری، اسیدیته، کربن و نیتروژن خاک همبستگی معنی داری وجود دارد. به‌طوری که مرگومیر درختی بیشتر در خاک‌های کم‌عمق‌تر با مقدار مواد آلی و نیتروژن کمتر روی داده است. در مطالعه دیگری بیان شد که حاصلخیزی خاک مهم‌ترین عامل پیش‌بینی‌کننده مرگومیر درختی است. به‌طوری که مرگومیر درختی در خاک‌های حاصلخیزتر، شیب‌های تند و خاک‌های شنی در دره‌ها بیشتر از اراضی هموار با خاک‌های رسی و زهکشی مناسب بود (Toledo et al., 2011). همچنین (Rozans & Sampedro, 2013) بیان کردند که غلظت عناصر سدیم، منیزیم، کلسیم و نیتروژن در اطراف درختان خشکیده کمتر از اطراف درختان سالم و غلظت فسفر در اطراف درختان خشکیده کمتر از درختان در حال زوال بود. به‌طور کلی سطح عناصر غذایی در خاک اطراف درختان با افزایش طبقه زوال کاهش می‌یافت. از پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه اثر خشکی بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی درختان می‌توان به تحقیق (Hosseini et al., 2017) درباره تأثیر شدت خشکیدگی تاجی بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک

مواد و روش‌ها

منطقه پژوهش

منطقه پژوهش بخشی از جنگل‌های منطقه شوراب استان لرستان در نزدیکی شهر خرم‌آباد (مله‌شبانان) است. این منطقه در ۱۵ کیلومتری جاده خرم‌آباد- دوره‌چگنی در مختصات جغرافیایی $33^{\circ} 30' 57''$ تا $33^{\circ} 31' 22''$ شمالی و $48^{\circ} 10' 10''$ تا $48^{\circ} 11' 05''$ شرقی در ارتفاع

۱۲۰۰ تا ۱۴۰۰ متر از سطح دریا قرار دارد (شکل ۱). گونه اصلی این رویشگاه بلوط ایرانی است. این منطقه دارای سنگ مادر آهکی بوده و متوسط بارندگی سالیانه آن $411/2$ میلی‌متر است. همچنین متوسط دما در سردترین ماه سال (دی) $5/5$ درجه سانتی‌گراد و در گرم‌ترین ماه سال (مرداد) $30/6$ درجه سانتی‌گراد است.



شکل ۱- موقعیت منطقه پژوهش در استان لرستان

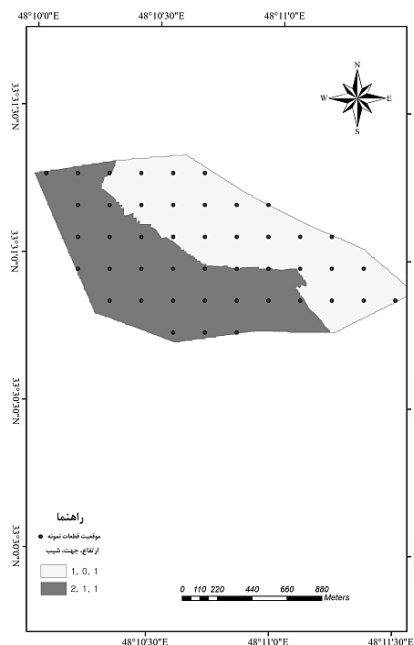
شیوه اجرای پژوهش

ابتدا محدوده‌ای از جنگل به وسعت $174/7$ هکتار انتخاب شد. با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS Ver. 10.3) لایه‌های شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا از نقشه توپوگرافی $1:25000$ منطقه پژوهش استخراج شد. با روی هم‌گذاری لایه‌ها نقشه واحدهای همگن تهیه شد. واحد همگن یک به ترتیب دارای شیب صفر تا 10 درصد، جهت غربی و ارتفاع 1260 تا 1360 متر از سطح دریا و واحد همگن دو دارای شیب بیش از 10 درصد، جهت شمالی و ارتفاع 1260 تا 1360 متر از سطح دریاست (شکل ۲). برای نمونه‌برداری از روش منظم با نقطه شروع تصادفی (منظم-تصادفی) استفاده شد (Zobeiri, 2009). شبکه‌ای به ابعاد 200×200 متر

مربع با قطعات نمونه مربع شکل به مساحت قطعات نمونه 2500 متر مربع (50×50 متر) در نظر گرفته شد. در مجموع 30 قطعه نمونه برداشت شد. به منظور نمونه‌برداری از خاک و برای به حداقل رساندن خطا، در هر قطعه نمونه، سه نمونه به صورت تصادفی برداشت شد. نمونه‌ها از عمق صفر تا 30 سانتی‌متر تهیه و سپس با هم مخلوط شدند و در نهایت از هر قطعه نمونه یک نمونه خاک به عنوان معرف خاک قطعه نمونه برداشت شد (Maranon et al., 1999). همچنین در اواخر مرداد در هر قطعه نمونه سه درخت به صورت تصادفی انتخاب شد. از یک سوم قسمت بالای تاج درختان، شاخه‌هایی در چهار جهت جغرافیایی انتخاب و از برگ آنها نمونه برداشت شد (Sardabi et al., 2011). برای نمونه‌برداری از

برگ‌های کامل استفاده شد که به بیشترین حد رشد خود رسیده بودند، زیرا ذخیره عناصر غذایی آنها نسبت به برگ‌های کوچک و متوسط بیشتر است

(Attwill & Adams, 1996). با توجه به تعداد سه تکرار در هر قطعه نمونه، ۹۰ نمونه برگ برداشت شد.



شکل ۲- نقشه واحد اراضی و موقعیت قطعات نمونه منطقه پژوهش

به منظور اندازه‌گیری عناصر برگ، نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه، بلافاصله با آب مقطر شسته شدند و در پاکت‌های کاغذی قرار گرفتند تا خشک شوند. نمونه‌های جمع‌آوری شده خاک پس از خشک شدن، از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. نمونه‌های مربوط به بررسی ویژگی‌های فیزیولوژیکی درختان پس از نمونه‌برداری بلافاصله در ازت مایع منجمد و سپس به یخچال ۸۰- درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. بافت خاک به روش هیدرومتری (Gee & Bauder, 1986)، وزن مخصوص ظاهری به روش کلوخه (Blake & Hartge, 1986)، تخلخل با استفاده از رابطه وزن مخصوص ظاهری و حقیقی^۲ (Danielson & Sutherland, 1986)، درصد رطوبت اشباع با استفاده از روش گل اشباع (Flowers & Lal, 1998)، اسیدیته در گل

به منظور ارزیابی خشکیدگی درختان بلوط در هر قطعه نمونه از روش مورد استفاده در دستورالعمل شماره ۱۶۹۶/۸۷ اتحادیه اروپا (۲۰۰۰) استفاده شد (EC & UN/ECE, 2000). در این دستورالعمل برگ‌ریزی درختان^۱ در پنج دسته کمتر از ۱۰، بین ۱۰ تا ۲۵، بیشتر از ۲۵ و کمتر از ۶۰، بین ۶۰ و ۹۹ و ۱۰۰ درصد طبقه‌بندی شده است (طبقه ۱۰۰ درصد، درختان کاملاً خشکیده هستند). در نهایت میانگین خشکیدگی درختان بلوط با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد (Klobucar & Pernar, 2012).

$$MD\% = \frac{\sum f_i x_i}{\sum f_i} \quad \text{رابطه ۱}$$

که در آن f_i : فراوانی درختان در طبقه خشکیدگی و x_i : مرکز طبقه در طبقه خشکیدگی I است.

^۱ Defoliation

^۲ Porosity= 1-(BD/PD)×100

یک طرفه برای متغیرهای نرمال و از آزمون کروسکال-والیس برای داده‌های غیرنرمال استفاده شد.

نتایج

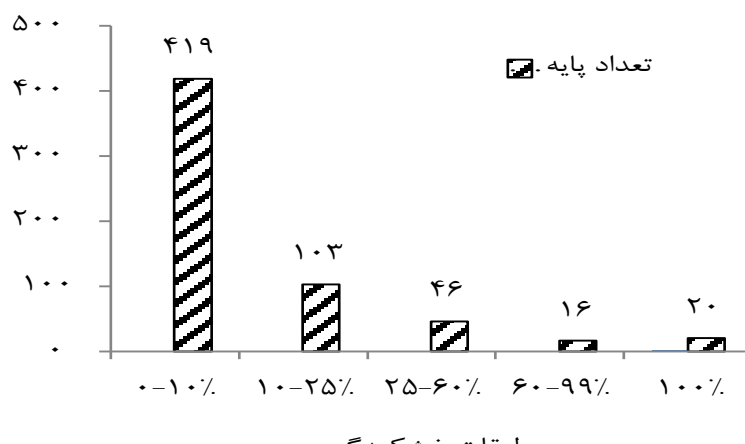
شکل ۳ فراوانی درختان بلوط را در طبقات مختلف خشکیدگی در پنج طبقه شامل صفر تا ۱۰ درصد (طبقه یک)، ۱۰ تا ۲۵ درصد (طبقه دو)، ۲۵ تا ۴۹ درصد (طبقه سه)، ۴۹ تا ۶۶ درصد (طبقه چهار) و ۶۶ تا ۱۰۰ درصد خشکیدگی (طبقه پنج) را در ۳۰ قطعه نمونه مورد بررسی نشان می‌دهد. ۶۰۴ اصله درخت بررسی شد که از این تعداد بیشترین پایه‌های درختی در طبقه خشکیدگی زیر ۱۰ درصد با تعداد ۴۱۹ پایه (۶۹/۳ درصد) قرار گرفتند. تعداد درختان کاملاً خشک در قطعات نمونه بررسی شده ۲۰ اصله درخت بود.

به منظور حذف تأثیرات شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا بر تفاوت متغیرها و بررسی مستقیم تأثیرات خشکیدگی، واحدهای همگن منطقه تهیه شد. بر مبنای این سه عامل دو واحد همگن ایجاد شد. سپس دو واحد همگن از نظر خشکیدگی و همه متغیرها مقایسه شدند. با توجه به نبود اختلاف معنی‌دار در خشکیدگی و نیز متغیرهای بررسی شده بین واحدهای همگن تعیین شده و همچنین معنی‌دار نبودن اثر فیزیوگرافی بر این متغیرها، مقایسه‌ها با در نظر گرفتن طبقات خشکیدگی و در کل منطقه صورت گرفت. بدین منظور خشکیدگی در طبقات صفر تا ۱۰، ۱۰ تا ۲۵ و بیش از ۲۵ درصد قرار گرفت. نتایج بررسی تجزیه واریانس یکطرفه و آزمون کروسکال-والیس متغیرهای مورد بررسی بین طبقات مختلف خشکیدگی نشان داد که بین طبقات مختلف خشکیدگی در منطقه پژوهش از نظر وزن مخصوص ظاهری، درصد خلل و فرج، درصد رس ($p < 0.05$) و درصد شن ($p < 0.01$) اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول‌های ۱ و ۲).

اشباع (Thomas, 1996)، EC در عصاره اشباع (Rhoades, 1996)، فسفر قابل جذب موجود در خاک به روش اولسن و فسفر موجود در عصاره به روش رنگ‌سنجی با دستگاه اسپکتروفتومتر (Olsen & Sommers, 1982)، نیتروژن کل با استفاده از روش کجلدال (Westeman, 1990)، کلسیم و منیزیم محلول خاک به روش کمپلکسومتری (Lanyon & Heald, 1982)، پتاسیم قابل دسترس و سدیم محلول خاک به روش فلیم‌فتمتری (Knudesh et al., 1982) و کربن و مواد آلی نیز به روش سرد و بر مبنای اکسیداسیون کربن آلی به کمک بیکربنات پتاسیم ($K_2Cr_2O_7$) در محیط کاملاً اسیدی (H_2SO_4) اندازه‌گیری شد (Allison, 1975). برای عصاره‌گیری و تجزیه نمونه‌های برگ نیز از روش سوزاندن خشک و سپس انحلال در اسیدنیتریک استفاده شد. غلظت عناصر مورد نظر در عصاره توسط دستگاه جذب اتمی در طول موج خاص هر عنصر اندازه‌گیری شد (Benton & Case, 1990). سنجش مقدار کلروفیل‌ها و کاروتنوئید با روش Lichtenthaler (1987)، آنزیم کاتالاز با روش Chance & Maehly (1995)، آنزیم پراکسیداز با روش MacAdam et al. (1992)، آسکورات پراکسیداز طبق روش Nakano & Asada (1981)، سنجش پرولین با استفاده از روش Bates et al. (1973) و سنجش میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشا با روش Buge & Aust (1978) صورت گرفت.

روش تحلیل

برای تجزیه و تحلیل داده‌های آماری از نرم‌افزارهای SAS Ver. 2.4 و CANOCO 4.5 استفاده شد. نرمالیتت داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و همگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون لون بررسی شد. برای مقایسه میانگین متغیرها در طبقات مختلف خشکیدگی از تجزیه واریانس



شکل ۳- فراوانی مطلق درختان بلوط در طبقات مختلف خشکیدگی در منطقه مله‌شبانان

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در طبقات مختلف خشکیدگی

خصوصیات خاک						تجزیه واریانس		متغیر
خشکیدگی بیش از ۲۵٪		خشکیدگی ۱۰-۲۵٪		خشکیدگی ۱۰-۰٪		F	معنی داری	
انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین			
۰/۲۰	۱/۶۳ a	۰/۲۲	۱/۴۵ ab	۰/۱۳۹	۱/۳۴ b	۰/۰۱۴*	۴/۹۹	وزن مخصوص ظاهری (g/cm3)
۷/۶۶	۳۸/۴۹ b	۸/۶۱	۴۵/۲۴ ab	۵/۲۷	۴۹/۳۱ a	۰/۰۱۴*	۴/۹۸	٪خلل و فرج
۹/۲۴	۳۰/۵۶ b	۱۱/۰۱	۴۶/۷۹ a	۶/۷۴	۳۶/۸۰ b	۰/۰۰۴**	۶/۶۲	٪شن
۵/۶۹	۳۳/۵۲	۵/۶۲	۲۹/۳۷	۵/۵۵	۳۳/۴۵	۰/۲۰۴ ^{ns}	۱/۶۸	٪سیلت
۹/۷۱	۳۵/۹۲ a	۷/۱۴	۲۳/۸۳ b	۷/۳۲	۲۹/۹۸ ab	۰/۰۲۵*	۴/۲۰	٪رس
۰/۲۰	۷/۷۷	۰/۳۹	۷/۶۰	۰/۲۷	۷/۵۴	۰/۳۶۴ ^{ns}	۱/۰۵	pH
۰/۴۷	۳/۹۹	۰/۸۹	۵/۰۱	۱/۰۸	۴/۱۱	۰/۰۶۷ ^{ns}	۲/۹۹	٪مواد آلی
۰/۲۸	۲/۲۹	۰/۵۱	۲/۹۰	۰/۶۲	۲/۳۸	۰/۰۶۴ ^{ns}	۳/۰۵	٪کربن آلی
۰/۰۲۳	۰/۱۹	۰/۰۴۴	۰/۲۵	۰/۰۵۳	۰/۲۰	۰/۰۶۹ ^{ns}	۲/۹۶	N٪
۹۲/۸۱	۳۳۵/۳۶	۱۵۸/۷۵	۵۰۲/۴۰	۱۸۲/۱۶	۴۷۳/۷۵	۰/۱۸۷ ^{ns}	۱/۷۸	K (mg/kg)
۱۲۲/۰۸	۳۶۵/۷۹	۷۵/۸۴	۵۰۳/۱۸	۱۶۷/۴۲	۵۳۷/۸۱	۰/۰۷۳ ^{ns}	۲/۹۰	Mg (mg/kg)

* و ** به ترتیب معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد و ^{ns} معنی دار نبودن

جدول ۲- نتایج آزمون کرومکال- والیس برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در طبقات مختلف خشکیدگی

معنی داری	مربع کای	درجه آزادی	میانگین رتبه‌ها			متغیر
			٪۲۵-۶۰	٪۱۰-۲۵	٪۰-۱۰	
۰/۹۳۳ ^{ns}	۰/۱۳	۲	۱۶/۸	۱۵/۴۴	۱۵/۱۲	٪رطوبت اشباع
۰/۱۴۲ ^{ns}	۳/۸۹	۲	۹/۲	۱۸/۸۸	۱۵/۵۶	EC (μSiemens/cm)
۰/۶۴۵ ^{ns}	۰/۸۷	۲	۱۳/۳	۱۴/۲۷	۱۶/۸۷	P (mg/kg)
۰/۱۳۲ ^{ns}	۴/۰۴	۲	۹/۲	۱۴/۴۴	۱۸/۰۶	Ca (mg/kg)
۰/۵۵۲ ^{ns}	۱/۸۷	۲	۱۳/۲	۱۳/۸۸	۱۷/۱۲	Na (mg/kg)

* و ^{ns} به ترتیب معنی داری در سطح ۵ درصد و معنی دار نبودن

جدول ۴- نتایج آزمون کروسکال- والیس برخی از عناصر برگ در طبقات مختلف خشکیدگی

معنی داری	مربع کای	درجه آزادی	میانگین رتبه‌ها			متغیر
			٪۰-۱۰	٪۱۰-۲۵	٪۲۵-۶۰	
۰/۰۰۹**	۹/۴۳	۲	۲۲/۲	۱۹/۸۸	۱۰/۹۳	Ca (mg/kg)
۰/۲۱۰ ^{ns}	۳/۱۱	۲	۱۰	۱۸/۶۶	۱۵/۴۳	Na (mg/kg)

** و ^{ns} به ترتیب معنی داری در سطح ۱ درصد و معنی دار نبودن

اختلاف معنی داری وجود دارد ($p < 0.05$). کمترین غلظت مالون دی‌آلدهید در طبقه خشکیدگی بیش از ۲۵ درصد مشاهده شد (جدول‌های ۵ و ۶).

در بررسی ویژگی‌های فیزیولوژیکی تحت بررسی برگ درختان نیز مشخص شد که بین طبقات مختلف خشکیدگی تنها از نظر غلظت مالون دی‌آلدهید

جدول ۵- تجزیه واریانس برخی از خصوصیات فیزیولوژیکی برگ در طبقات مختلف خشکیدگی

تجزیه واریانس						خصوصیات فیزیولوژیکی		متغیر
خشکیدگی ۰-۱۰٪		خشکیدگی ۱۰-۲۵٪		خشکیدگی بیش از ۲۵٪		F	معنی داری	
میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار			
۴/۱۷	۱/۳۶	۳/۹۴	۱/۰۴	۳/۰۰	۰/۶۶	۱/۸۴	۰/۱۷۸ ^{ns}	کلروفیل b (mg g ⁻¹ FW)
۱۴/۹۳	۲/۸۵	۱۴/۵۴	۳/۱۲	۱۱/۷۴	۲/۶۳	۲/۳۶	۰/۱۱۳ ^{ns}	کلروفیل کل (mg g ⁻¹ FW)
۳/۱۹	۰/۶۰	۳/۲۶	۰/۸۷	۲/۸۵	۰/۵۱	۰/۶۱	۰/۵۵۱ ^{ns}	کاروتنوئید (mg g ⁻¹ FW)
۱/۱۴ ab	۰/۱۷	۱/۲۵ a	۰/۱۳	۰/۹۸ b	۰/۲۰	۴/۱۰	۰/۰۲۸*	مالون دی‌آلدهید (μmol g FW ⁻¹)
۰/۰۱۶	۰/۰۰۸	۰/۰۱۵	۰/۰۰۶	۰/۰۱۱	۰/۰۰۴	۰/۵۶	۰/۵۷۹ ^{ns}	کاتالاز (μmol min ⁻¹ g FW ⁻¹)
۰/۰۳۳	۰/۰۱۱	۰/۰۳۲	۰/۰۱۳	۰/۰۳۲	۰/۰۱۵	۰/۰۲	۰/۹۷۶ ^{ns}	پراکسیداز (μmol min ⁻¹ g FW ⁻¹)

** و ^{ns} به ترتیب معنی داری در سطح ۵ درصد و معنی دار نبودن

جدول ۶- نتایج آزمون کروسکال- والیس برخی از خصوصیات فیزیولوژیکی برگ در طبقات مختلف خشکیدگی

معنی داری	مربع کای	درجه آزادی	میانگین رتبه‌ها			متغیر
			٪۰-۱۰	٪۱۰-۲۵	٪۲۵-۶۰	
۰/۱۵۵ ^{ns}	۳/۷۲	۲	۸/۶۰	۱۶/۴۴	۱۷/۱۲	کلروفیل a (mg g ⁻¹ FW)
۰/۸۶۸ ^{ns}	۰/۲۸۱	۲	۱۵/۴۰	۱۴/۲۷	۱۶/۲۱	پرولین (μmol g FW ⁻¹)
۰/۱۱۸ ^{ns}	۴/۲۶	۲	۱۹/۲۰	۱۰/۵۵	۱۷/۱۲	آسکوربات پراکسیداز (μmol min ⁻¹ g FW ⁻¹)

^{ns} معنی دار نبودن

خلل و فرج بین طبقات مختلف خشکیدگی بود. درصد رس و شن بین طبقات مختلف خشکیدگی اختلاف معنی داری نشان داد، به طوری که بیشترین درصد رس

بحث

نتایج این پژوهش نشان دهنده اختلاف معنی دار درصد رس، درصد شن، وزن مخصوص ظاهری و درصد

دارد (Sardans et al., 2008). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بین طبقات مختلف خشکیدگی تغییرات معنی‌داری به لحاظ غلظت عناصر مورد بررسی خاک در محیط اطراف ریشه درختان وجود ندارد. این نتیجه نشان می‌دهد که درختان در منطقه پژوهش با درجات خشکیدگی متفاوت دسترسی یکسانی به عناصر غذایی داشته‌اند. با این حال با افزایش خشکیدگی، غلظت کلسیم برگ افزایش و نسبت نیتروژن به فسفر برگ کاهش یافته است. کلسیم در گیاهان، نقش‌های متعددی از مقادیر اندک در تنظیم برخی متابولیسم‌های سلولی گرفته تا مقادیر زیاد در ساختار دیواره سلولی (Akinici & Simsek, 2004) و تقسیم و توسعه سلولی دارد (Hepler & Wayne, 1985). در مواجهه با تنش خشکی، میزان تقسیم سلولی و در نتیجه توسعه اندام‌های گیاه به دلیل کاهش آماس سلولی افت پیدا می‌کند (Poulos, 2007) و فتوسنتز خالص و شاخص سطح برگ گیاه نیز کاهش می‌یابد (Diallo et al., 2001). بنابراین با توجه به خشکیدگی بیشتر و در نتیجه کاهش تعداد برگ سبز درختان می‌توان گفت که درختان خشکیده برای فعالیت‌های حیاتی همچون فتوسنتز در برگ سبز باقی‌مانده خود، کلسیم بیشتری جذب کرده‌اند. از طرفی در بررسی صفات فیزیولوژیکی درختان مشخص شد که غلظت مالون‌دی‌آلدهید با افزایش سطح خشکیدگی ابتدا افزایش و سپس کاهش یافته است. Li et al. (2003) نشان دادند که کلسیم با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، موجب کاهش خسارت اکسیداتیو و در نتیجه کم شدن سطح مالون‌دی‌آلدهید در گیاه *Glycyrrhiza glabra* Linn. شد. این نتایج می‌تواند بیانگر این باشد که افزایش شدت تنش و در نتیجه افزایش غلظت مالون‌دی‌آلدهید در افزایش کلسیم برگ تأثیرگذار بوده است. به عبارتی افزایش کلسیم، خود موجب کاهش مالون‌دی‌آلدهید شده است. نتایج نشان داد که بین طبقات مختلف خشکیدگی اختلاف معنی‌داری از نظر رنگدانه‌های

و کمترین درصد شن خاک مربوط به طبقه خشکیدگی بیش از ۲۵ درصد بود. افزون بر این، نتایج آنالیز تحلیل تطبیقی متعارفی نیز نشان داد که فراوانی درختان در طبقات خشکیدگی شدید و تعداد درختان کاملاً خشکیده با رس و وزن مخصوص ظاهری خاک ارتباط مستقیم دارند. (Fensham et al., 2007) اظهار داشتند که بخشی از دلایل لکه‌ای بودن مرگ‌ومیر درختان، ناهمگنی زیر خاک و رقابت برای به‌دست آوردن رطوبت خاک است. آنها مرگ درختان را نیز با افزایش رس خاک مرتبط دانستند. بنابراین می‌توان گفت با افزایش رس و کاهش درصد شن خاک، قابلیت رشد و توسعه ریشه درختان کاهش یافته و همین امر سبب کاهش توانایی جذب رطوبت از خاک شده است. از طرفی افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک ارتباط مستقیمی با کاهش نفوذپذیری خاک دارد (Adekalu et al., 2006). به عبارتی با افزایش وزن مخصوص ظاهری، تخلخل (Ballard, 2000) و همچنین تخلخل‌های درشت‌دانه خاک کاهش و سهم تخلخل‌های ریزدانه افزایش می‌یابد که موجب کاهش نفوذپذیری و هدایت اشباع هیدرولیکی آب در خاک می‌شود (Alban et al., 1994). از طرفی در خاک‌های با فشردگی زیاد به دلیل کاهش تخلخل و محدود شدن اکسیژن، توانایی نفوذ ریشه‌های درختان کم و در نتیجه رشد ریشه مختل می‌شود (Heilman, 1981) و در نهایت قابلیت درختان در جذب مواد مغذی و آب کاهش می‌یابد. از این رو به‌طور خلاصه می‌توان گفت که سرعت حرکت آب‌وهوا و نفوذ ریشه در خاک‌های ریزبافت، متناسب با افزایش رس خاک کاهش می‌یابد. بافت سنگین خاک به‌طور مستقیم ذخیره آب و اکسیژن قابل دسترس را کاهش می‌دهد و در نتیجه موجب کاهش گسترش ریشه می‌شود. گسترش نیافتن ریشه نیز کاهش قدرت جذب آب را به‌خصوص در سال‌های کم‌بارش در پی دارد. اثر خشکی بر غلظت عناصر غذایی خاک و اندام‌های درختی، متنوع و متفاوت است و اغلب به نوع عنصر، نوع گونه و نوع بوم‌سازگان جنگلی بستگی

نیترژن به فسفر شده است. از طرفی این نسبت قابلیت در دسترس بودن این دو عنصر را نشان می‌دهد؛ به طوری که نسبت نیترژن به فسفر کمتر از ۱۴ بیانگر محدودیت نیترژن و نسبت بیش از ۱۶ بیانگر محدودیت فسفر در بافت‌های گیاهی است (Tessier & Raynal, 2003). با توجه به مقادیر این نسبت مشخص می‌شود که درختان در منطقه با محدودیت شدید نیترژن مواجه‌اند. نتایج آنالیز CCA نیز نشان داد که فراوانی درختان بلوط در طبقات خشک‌دگی بالا و همچنین تعداد درختان کاملاً خشکیده با غلظت عناصر منیزیم، پتاسیم، درصد نیترژن، تخلخل، درصد شن، درصد مواد آلی و درصد کربن آلی خاک ارتباط معکوس و با وزن مخصوص ظاهری و درصد رس ارتباط مستقیم دارند. بدین معنا که هرچه عناصر مذکور، مواد آلی، تخلخل و درصد شن کاهش و وزن مخصوص ظاهری و درصد رس افزایش یابد، تعداد درختان با خشکیدگی بیشتر و کاملاً خشکیده نیز افزایش خواهد یافت. تحقیقات زیادی نیز در تأیید نتایج این بررسی گزارش کرده‌اند که مرگ‌ومیر درختان بیشتر در رویشگاه‌های خشک و با کمبود عناصر غذایی صورت گرفته است (Demchik & Sharp, 2000; Kabrick et al., 2008; Rozans & Sampedro, 2013). از این رو اهمیت و نقش حاصلخیزی خاک در کاهش خشکیدگی درختان در شرایط تنش بار دیگر در این مطالعه تأیید می‌شود؛ به طوری که (Schönbeck et al., 2020) اظهار داشتند افزایش در دسترس بودن مواد مغذی خاک، اثرهای نامطلوب تنش خشکی کم را کاهش می‌دهد.

به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که ویژگی‌های فیزیولوژیکی درختان به‌تنهایی نمی‌تواند پاسخگوی خشکیدگی‌های متفاوت آنها باشد. از طرفی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک عامل اصلی خشکیدگی و زوال درختان نبوده، اما تأثیر مهمی در مقاومت بیشتر یا کمتر درختان داشته است. برای مثال درختان کاملاً خشکیده یا در طبقات خشکیدگی

فتوسنتزی، آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز وجود ندارد. (Hosseini et al., 2017) نشان دادند که بین تیمارهای خشکیدگی درختان بلوط از نظر مقادیر آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز اختلافی وجود ندارد که با نتیجه این پژوهش همخوانی دارد. معنی دار نبودن صفات فیزیولوژیکی مورد بررسی ممکن است به این دلیل باشد که در حال حاضر بین درختان مختلف از نظر سازوکارهای فیزیولوژیکی مقاومت به خشکی تفاوتی وجود ندارد و درختان با استفاده از سازوکارهای فیزیولوژیکی مشابهی نسبت به شرایط به‌وجودآمده، با تنش خشکی مقابله می‌کنند. با این حال غلظت رنگدانه‌های فتوسنتزی کاهش یافت که نشان‌دهنده کاهش فتوسنتز در درختان با خشکیدگی بیشتر است.

از طرفی نتایج نشان داد که با افزایش خشکیدگی، نسبت نیترژن به فسفر برگ کاهش یافت. این نتیجه به‌طور غیرمستقیم نشان می‌دهد که غلظت فسفر در برگ درختان با طبقات خشکیدگی بالاتر، بیشتر است. (Hosseini, 2017) تغییرات فسفر را در درختان بلوط ایرانی زوال‌یافته بررسی کرد و نشان داد که مقدار فسفر برگ درختان سرخشکیده بیشتر از درختان سالم بود که با نتیجه پژوهش حاضر همخوانی دارد. تحقیقات متعددی افزایش غلظت فسفر را در پاسخ به خشکی گزارش کرده‌اند (Samarah et al., 2004; Utrillas et al., 1995; Egilla et al., 2005). (Samarah et al., 2004) افزایش غلظت فسفر را یکی از سازوکارهای مقابله با خشکی دانسته‌اند. این عنصر اثر مهمی در انتقال انرژی از طریق تشکیل پیوندهای فسفات غنی از انرژی دارد و ترکیب لازم برای مولکول‌هایی چون نوکلئوتیدها، فسفولیپیدها و فسفات‌های قندی است (Lowry et al., 1951). به‌طور کلی افزایش جذب و غلظت فسفر در برگ درختان بلوط ایرانی با خشکیدگی بیشتر می‌تواند در جهت انجام سطح بالاتر فتوسنتز باشد. بنابراین جذب عنصری مانند فسفر سازوکاری برای مقابله با خشکیدگی است که در نتیجه موجب کاهش نسبت

و مصرف عناصر مورد نیاز به‌نوعی تلاش می‌کنند تا فعالیت‌های حیاتی خود را در شرایط پدیدآمده تا حد امکان به‌صورت مطلوب انجام دهند.

بالا، بیشتر در خاک‌هایی با بافت سنگین و فشرده حضور داشته‌اند. این موضوع سبب ضعیف شدن روابط آبی درختان شده و در نتیجه تنش خشکی بیشتری ایجاد شده است. در نهایت درختان با تغییر در جذب

References

- Adekalu, K.O., Okunade, D.A., & Osunbitan, J.A. (2006). Compaction and mulching effects on soil loss and runoff from two southwestern Nigeria agricultural soils. *Journal of Geoderma*, 137(1-2), 226-230.
- Akinci, I.E., & Simsek, M. (2004). Ameliorative effects of potassium and calcium on the salinity stress in embryo culture of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Journal of Biological Science*, 4(3), 361-365.
- Alban, H.D., Host, G.E., Elioff, J.D., & Shadis, D.A. (1994). *Soil and vegetation response to soil compaction and forest floor removal after aspen harvesting*. Minnesota: United States department of agriculture, 8p.
- Allison, L.E. (1975). Organic carbon. In C. A. Black, D. D. Evans, J. L. White, L. E. Ensminger & F. E. Clark (Eds.), *Methods of Soil Analysis*. (pp. 1367-1379). Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy.
- Attwill, P.M., & Adams, M.A. (1996). *Nutrition of Eucalypts*. Australia: CSIRO Publishing, 440p.
- Ballard, T.M. (2000). Impacts of forest management on northern forest soils. *Journal of Forest Ecology and Management*, 133(1-2), 37-42.
- Banziger, M., Edmeades, G.O., Beck, D., & Bellon, M. (2000). *Breeding for Drought and Nitrogen Stress Tolerance in Maize*. Mexico: CIMMYT, 68p.
- Bates, L.S., Waldren, R.P., & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Journal of Plant Soil*, 39(1), 205-207.
- Benton, J., & Case, V.W. (1990). Sampling, handling and analyzing plant tissue samples. In R.L. Westerman (Ed), *Soil testing and plant analysis* (pp. 389-428). Madison, Wisconsin: Soil Science Society of America.
- Blake, G.R., & Hartge, K.H. (1986). Bulk density. In A. Klute (Ed), *Methods of Soil Analysis* (pp. 363-375). Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy.
- Blokhin, O., Virolainen, E., & Fagerstedt, K. (2003). Antioxidant oxidative damage and oxygen deprivation stress. *Journal of Annals of Botany*, 91(2), 179-194.
- Buge, J.A., & Aust, S.D. (1978). Microsomal lipid proxidation. *Journal of Methods in Enzymology*, 52, 302-310.
- Catton, H.A., George, St.S., & Remphrey, W.R. (2007). An evaluation of Bur oak (*Quercus macrocarpa*) decline in the urban forest of Winnipeg, Manitoba, Canada. *Journal of Arboriculture & Urban Forestry*, 33(1), 22-30.
- Chance, B., & Maehly, A.C. (1995). Assay of catalas and proxidase. In S. P. Colowick & N. D. Kaplan (Eds), New York: Academic press. *Journal of Methods in Enzymology*, 2, 764-775.
- Danielson, R.E., & Sutherland, P.L. (1986). Porosity. In A. Klute (Ed), *Methods of Soil Analysis* (pp. 377-381). Madison, Wisconsin: Soil Science Society of America.
- Das, A.J., Battles, J., Stephenson, N.L., & Van-Mantgem, P.J. (2011). The contribution of competition to tree mortality in old-growth coniferous forests. *Journal of Forest Ecology and Management*, 261(7), 1203-1213.

- Demchik, M.C., & Sharpe, W.E. (2000). The effect of soil nutrition, soil acidity and drought on northern red oak (*Quercus rubra* L.) growth and nutrition on Pennsylvania sites with high and low red oak mortality. *Journal of Forest Ecology & Management*, 136(1), 199-207.
- Diallo, A.T., Samb, P.I., & Roy-Macauley, H. (2001). Water status and stomatal behavior of cowpea, *Vigna unguiculata* (L.) Walp, plants inoculated with two *Glomus* species at low soil moisture levels. *European Journal of Soil Biology*, 37(3), 187-196.
- Drobyshev, L., Linderson, H., & Sonesson, K. (2007). Relationship between Crown Condition and Tree Diameter Growth in Southern Swedish Oaks. *Journal of Environmental Monitoring*. Assess, 128(1-3), 61-73.
- EC & UN/ECE. (2000). *Forest Condition in Europe: Results of the 2000 large-scale survey*. Geneva, Brussels: UN/ECE and EC, 103p.
- Egilla, J.N., Davies, F.T., & Boutton, T.W. (2005). Drought stress influences leaf water content, photosynthetic and water-use efficiency of *Hibiscus rosa-sinensis* at three potassium concentration. *Journal of Photosynthetic*, 43(1), 135-140.
- Fensham, R.J., Fairfax, R.J., & Kenkel, N. (2007). Drought related tree death of savanna eucalyptus: species susceptibility, soil conditions and root architecture. *Journal of Vegetation Science*, 18(1), 71-80.
- Flowers, M.D., & Lal, R. (1998). Axle load and tillage effects on soil physical properties and soybean grain yield on a mollic ochraqualf in northwest Ohio. *Journal of Soil and Tillage Research*, 48, 21-35.
- Gee, G.W., & Bauder, J.W. (1986). Particle-size analysis. In A. Klute (Ed). *Methods of Soil Analysis* (pp. 383-412). Madison, Wisconsin: Agronomy Society of America.
- Gillner, S., Vogt, J., & Roloff, A. (2013). Climatic response and impacts of drought on oaks at urban and forest sites. *Journal of Urban Forestry and Urban Greening*, 12(4), 597-605.
- Heilman, P. (1981). Root penetration of Douglas-fir seedlings into compacted soil. *Journal of Forest Science*, 27(4), 660-666.
- Hepler, P.K., & Wayne, R.O. (1985). Calcium and plant development. Annual Review. *Journal of plant physiology*, 36, 397-439.
- Hosseini, A. (2017). Variability of nitrogen and phosphorus in Persian oak trees and soil of dieback affected stands in Ilam. *Journal of Forest and Wood Products*, 70(2), 231-240.
- Hosseini, A., Matinzadeh, M., & Shariat, A. (2017). Effect of crown dieback intensity on some physiological characteristics of Persian oak trees (*Quercus brantii* var. *persica*). *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 25(1), 57-71.
- Jazireii, M. H., & Ebrahimi Rostaghi, M. (2003). *Silviculture in Zagros*. Tehran: University of Tehran Press, 560p. (In Persian)
- 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. *Journal of Forest Ecology and Management*, 255(5-6), 1409-1417.
- Klobucar, D., & Pernar, R. (2012). Geostatistical approach to spatial analysis of forest damage. *Journal of Periodicum Biologum*, 114(1), 103-110.
- Knudsen, D., Peterson, G.A., & Pratt, P.F. (1982). Lithium, Sodium, and Potassium. In A.L. Page (Ed), *Methods of soil Analysis*. Madison, Wisconsin: Agronomy Society of America.
- Lanyon, L.E., & Heald, W.R. (1982). Magnesium, Calcium, Strontium, and Barium. In A.L. Page (Ed), *Methods of soil Analysis*. Madison, Wisconsin: Soil Science Agronomy Society of America.
- Larsen, J. B. (1995). Ecological stability of forests and sustainable silviculture. *Journal of forest ecology and management*, 75(1), 85-96.
- Li, M., Wang, G., & Lin, J. (2003). Application of external calcium in improving the PEG induced water stress tolerance in liquorice cells. *Journal of Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 44(4), 275-284.

- Lichtenthaler, H.K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembrane. *Journal of Methods of Enzymology*, 148, 350-382.
- Liu, C., Liu, Y., Guo, K., Fan, D., Li, G., Zhenga, Y., Yuc, L., & Yang, R. (2011). Effect of drought on pigments, osmotic adjustment and antioxidant enzymes in six woody plant species in karst habitats some maquis (*Ceratonia siliqua* L., *Olea oleaster* Hoffm. & Link, *Pistacia lentiscus* and *Quercus coccifera* L.) plant species to drought in the east Mediterranean ecosystem. *Journal of Environmental and Experimental Botany*, 71, 174-183.
- Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., & Randall, R.J. (1951). Protein measurement with the folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry*, 193(1), 265-273.
- MacAdam, J.W., Nelson, C.J., & Sharp, R.E. (1992). Peroxidase Activity in the leaf elongation zone of tall fescue I. Spatial distribution of ionically bound peroxidase activity in genotypes differing in length of the elongation zone. *Journal of Plant physiology*, 99(3), 872-878.
- Mahdavi, A., Mirzaeizadeh, V., Niknejad, M., & Karami, O. (2015). Assessment and prediction of drying oak trees using a logistic regression model (case study: Bivareh Forest Malekshahi-Ilam). *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 13(1), 20-33.
- Manion, P.D. (1981). *Tree disease concepts*. New Jersey: Prentice- Hall, 399p.
- Maranon, T., Ajbilou, R., Ojeda, F., & Arroya, J. (1999). Biodiversity of woody species in oak woodland of southern Spain and northern Morocco. *Journal of Forest Ecology and Management*, 115(2-3), 147-156.
- Marvie Mohadjer, M.R. (2014). *Silviculture*. Tehran: University of Tehran Press, 418p.
- McDowell, N.G., Pockman, W.T., & Allen, C.D. (2008). Tansley Review: mechanisms of plant survival and mortality during drought: Why do some plants survive while others succumb to drought? *Journal of New Physiologist*, 178(4), 719-739.
- McKersie, B.D., & Leshem, Y.Y. (1994). *Stress and stress coping in cultivated plants*. Dordrecht-Boston, London: Kluwer Academic Publishers, 256p.
- Mosca, E., Montecchio, L., Sella, L., & Garbaye, J. (2007). Short-term effect of removing tree competition on the ectomycorrhizal status of a declining pedunculate oak forest (*Quercus robur* L.). *Journal of Forest Ecology and Management*, 244(1-3), 129-140.
- Nakano, Y., & Asada, K. (1981). Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. *Journal of Plant Cell Physiology*, 22(5), 867-880.
- Olsen, S.R., & Sommers, L.E. (1982). Phosphorus. In A.L. Page (Ed), *Methods of Soil Analysis* (pp. 403-430). Madison, Wisconsin: Agronomy Society of America.
- Ozturk, M., Dogan, Y., Sakcali, M.S., Doulis, A., & Karam, F. (2010). Ecophysiological responses of some maquis (*Ceratonia siliqua* L., *Olea oleaster* Hoffm. & Link, *Pistacia lentiscus* L. and *Quercus coccifera* L.) plant species to drought in the east Mediterranean ecosystem. *Journal of Environmental Biology*, 31(1-2), 233-245.
- Parvaneh, E., Etemad, V., Marvie Mohadjer, M.R., Zahedi Amiri, Gh., & Attarod, P. (2016). The relationships between the rate of oak trees decline and forest types, soil characteristics and topographic conditions in Ghalaje Forests of Kermanshah, west of Iran. *Iranian Journal of Forest*, 8(3), 263-275.
- Poulos, H.M., Goodale, U.M., & Berlyn, G.P. (2007). Drought response of two Mexican oak species, *Quercus laceyi* and *Q. sideroxyla* (Fagaceae), in relation to elevational position. *American Journal of Botany*, 94(5), 809-818.
- Pourhashmi, M., Jahangazi Gojani, H., Hosseinzadeh, J., Bradbar, S. k., Iranmanesh, Y., & Khodakarami, Y. (2016). The history of oak decline in Zagros forests. *Journal of Iran Nature*, 2(1), 30-37.

- Rhoades, J.D. (1996). Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. In A.L. Page, R.H. Miller & D.R. Keeney (Eds), *Methods of Soil Analysis* (pp. 417–435). Madison, Wisconsin: Agronomy Society of America.
- Rozans, V., & Sampedro, L. (2013). Soil chemical properties and dieback of *Quercus robur* in Atlantic wet forests after a weather extreme. *Journal of Plant and Soil*, 373(1-2), 673-685.
- Samarah, N., Mullen, R., & Cianzio, S. (2004). Size distribution and mineral nutrients of soybean seeds in response to drought stress. *Journal of Plant Nutrition*, 27(5), 815-835.
- Sardabi, H., Rahmati, A., Hamze, B., Assareh, M.H., & Ghorani, M. (2011). Comparison of some macro-nutrient elements in foliar of six eucalypt species at a 24 year-old plantation. *Iranian Journal of Forest*, 3 (1), 61-70.
- Sardans, J., Penuelas, J., & Ogaya, R. (2008). Drought-induced changes in C and N stoichiometry in a *Quercus ilex* Mediterranean forest. *Journal of Forest Science*, 54(5), 513-522.
- Schönbeck, L., Gessler, A., Schaub, M., Rigling, A., Hoch, G., Kahmen, A., & Mai-He, L. (2020). Soil nutrients and lowered source:sink ratio mitigate effects of mild but not of extreme drought in trees. *Journal of Environmental and Experimental Botany*, 169, 103905.
- Siwecki, R., & Liese, W. (1991). *Oak Decline in Europe. Proceedings of an International Symposium, IUFRO and Polish Academy of Sciences* (pp. 15-18). Kornik, Poland: Institute of Dendrology, 360p.
- Sofo, A., Dichio, B., Xiloyannis, C., & Masia, A. (2004). Effects of different irradiance levels on some antioxidant enzymes and on malondialdehyde content during rewatering in olive tree. *Journal of Plant Science*, 166(2), 293–302.
- Sohar, K., Helama, S., Laanelaid, A., Raisio, J., & Tuomenvirta, H. (2014). Oak decline in a southern Finnish forest as affected by a drought sequence. *Journal of Geochronometria*, 41(1), 92–103.
- Starkey, D.A., Oliveria, F., Mangini, A., & Mielke, M. (2004). Oak decline and red oak borer in the interior highlands of Arkansas and Missouri: natural phenomena, severe occurrences. In M. A. Spetich (Ed), *Proceeding of the upland oak ecology symposium: History, Current Conditions, and Sustainability* (pp. 217-222). Southern Research Station: Department of agriculture, Forest Service.
- Tessier, J.T., & Raynal, D.J. (2003). Use of nitrogen to phosphorus ratios in plant tissue as an indicator of nutrient limitation and nitrogen saturation. *Journal of Applied Ecology*, 40(3), 523-534.
- Toledo, J.J.D., Magnusson, W.E., Castilho, C.V., & Nascimento, H.E.M. (2011). How much variation in tree mortality is predicted by soil and topography in Central Amazonia?. *Journal of Forest ecology and Management*, 262(3), 331-338.
- Thomas, G.W. (1996). Soil pH and soil acidity, In A. L. Page et al. (Eds.), *Methods of Soil Analysis* (pp. 475-490). Madison, Wisconsin: Agronomy Society of America.
- Tulik, M., & Bijak, S. (2016). Are climatic factors responsible for the process of oak decline in Poland?. *Journal of Dendrochronologia*, 38, 18–25.
- Utrillas, M.J., Alegre, L., & Simon, E. (1995). Seasonal-changes in productions and nutrient content of *Cynodon dactylon* L. per subjected to water deficits. *Journal of Plant and Soil*, 175(1), 153-157.
- Westerman, R.E.L. (1990). *Soil Testing and Plant Analysis*. Madison, Wisconsin: Agronomy Society of America.
- Zarafshar, M., Negahdarsaber, M., Jahanbazi Gojani, H., Pourhashemi, M., Bordbar, S.K., Matinizedeh, M., & Abbasi, A. (2020). Dieback in pure stands of Brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.) in southern Zagros forests, Kohmareh Sorkhi region of Fars province. *Iranian Journal of Forest*, 12(2), 291-303.
- Zobeiri, M. (2009). *Forest inventory (measuring trees and forests)*. Tehran: University of Tehran, 401 p.



The relationship between Iranian oak decline (*Quercus brantii* Lindl.) and some properties of soil and determining the ecophysiological responses of this

Z. Azim Nejad¹, Z. Badehian^{2*} and A. Rezaei Nejad³

¹ Ph.D. Student of Forest Ecology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, I.R. Iran

² Assistant Prof., Dept. of Forestry, Faculty of Agricultural and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, I.R. Iran

³ Prof., Dept. of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, I.R. Iran

(Received: 10 April 2020; Accepted: 28 November 2020)

Abstract

To study the relationship between some physico-chemical properties of soil and ecophysiological properties of oak trees on dieback, Meleshabanan area in Lorestan Province was selected. Using the geographic information system (GIS), the landform map of study area was prepared. In this forest, 30 square sample plots with 2500 m² area, in a random systematic grid (200*200) were selected. The percent dieback was measured and recorded. In each sample plot, soil and leaves of oak trees were sampled. Some soil properties such as texture, electrical conductivity, acidity, bulk density, porosity, organic carbon, organic matter, and concentrations of calcium, magnesium, nitrogen, phosphorus, potassium, and sodium were measured. Also peroxidase, catalase, and ascorbate peroxidase enzymes, MDA, proline, chlorophyll a, b, carotenoid pigment, and concentrations of calcium, magnesium, nitrogen, phosphorus, potassium, and sodium in leaves were measured. The results showed that there was a significant difference in clay, sand, soil texture, Ca content, N/P ratio, and, MDA concentration between different dieback classes. Leaf Ca concentration with increasing dieback increased, while MDA first increased and then decreased. Also, the results of canonical correspondence analysis (CCA) showed that the frequency of trees in high dieback classes and the number of dead trees were directly related to bulk density and %clay and inversely related to %porosity, %sand, Mg, K, and N content.

Keywords: Ecophysiological properties, Oak decline, Soil physico-chemical properties, Zagros forest.