

## بررسی ارتباط بین مقدار خشکیدگی درختان بلوط ایرانی با تیپ جنگل، خصوصیات خاک و شرایط توپوگرافی در جنگل‌های قلاجه کرمانشاه

ایرج پروانه<sup>\*</sup>، وحید اعتماد<sup>۲</sup>، محمدرضا مروی مهاجر<sup>۱</sup>، قوام‌الدین زاهدی امیری<sup>۲</sup> و پدram عطارد<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشگاه تهران  
<sup>۲</sup> دانشیار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران  
<sup>۳</sup> استاد گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۳/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۶/۲)

### چکیده

به منظور بررسی مقدار خشکیدگی درختان بلوط ایرانی در ارتباط با خصوصیات خاک و شرایط توپوگرافیک، منطقه‌ای به مساحت ۵۰۰ هکتار از جنگل‌های قلاجه استان کرمانشاه انتخاب شد. برای تیپ‌بندی از نمونه‌برداری منظم-تصادفی با یک شبکه آماربرداری ۲۰۰×۱۵۰ متر با ترانسکت‌های ۵۰ متری استفاده شد. سپس واحدهای کار (براساس فرم زمین، جهت، ارتفاع، درجه خشکیدگی، درجه شیب و غیره) تشکیل شد. در داخل هر واحد کاری یک نمونه خاک، به منظور مطالعات خاک‌شناسی برداشت شد. تعیین بافت خاک از روش بایکاس، ازت خاک با روش کلدال، وزن مخصوص ظاهری با روش کلوخه، کربن آلی با روش احتراق سرد و درصد آهک با دستگاه کلسی‌متری اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تعداد درختان خشکیده در تیپ‌های مختلف، جهت‌ها، شیب‌ها، جهت‌تیپ‌ها، ارتفاع‌جهت‌ها و شیب‌جهت‌های گوناگون در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری دارند. نتایج نشان داد که بین تعداد درختان خشکیده با رطوبت و بافت خاک (در سطح ۹۵ درصد)، و با وزن ظاهری، pH، کربن و نیتروژن خاک (در سطح ۹۹ درصد) همبستگی معنی‌دار وجود دارد، ولی بین تعداد درختان خشکیده با رابطه C/N همبستگی مشاهده نشد. به طور کلی می‌توان نتیجه‌گیر گرفت که مرگ‌ومیر درختی شدیدتر، در خاک‌های کم‌عمق‌تر با مقدار مواد آلی و نیتروژن کمتر، شیب‌های تندتر، جهت‌های گرم‌تر و تیپ‌های خالص‌تر و گونه بلوط روی داده است. نتایج این پژوهش می‌تواند به موفقیت بیشتر طرح‌ها، در هنگام اجرای طرح‌های اصلاح و احیا، جنگلکاری کمک کند و در مدیریت احیایی جنگل‌های بلوط دچار خشکیدگی مفید باشد.

واژه‌های کلیدی: تیپ جنگلی، خشکیدگی بلوط، خصوصیات خاک، شرایط توپوگرافیک

## مقدمه و هدف

مرگومیر درختان پدیده پیچیده‌ای است که عوامل مختلف و متعددی در بروز آن دخیل‌اند و در مقیاس منطقه‌ای توسط اقلیم و در مقیاس محلی توسط کنترل‌کننده‌هایی از قبیل تنوع توپوگرافی که بر قابلیت دسترسی آب رویشگاه تأثیر می‌گذارد، خصوصیات فردی و اجتماعی درختان و ویژگی‌های خاکی کنترل می‌شود (Stephenson, 1990). عوامل توپوگرافیک از قبیل شیب و جهت تأثیر زیادی بر وضعیت رطوبت رویشگاه می‌گذارند. با توجه به اینکه وضعیت رطوبت در شرایط رویشگاهی مختلف فرق می‌کند (Stephenson, 1990; Guarin and Taylor, 2005)، اندازه رشد درختان و عملکرد آنها در شرایط کمبود رطوبت یکسان نیست و در نتیجه شدت خشکیدگی در توده‌های جنگلی واقع در موقعیت‌های فیزیوگرافیک مختلف فرق می‌کند (Stephenson, 1990). همچنین اثرهای خشکی بر درختان مختلف هم یکسان نیست و درختان بسته به خصوصیات فیزیولوژیک خود، پاسخ‌های متفاوتی به تنش خشکی از سرخشکیدگی تا مرگ نشان می‌دهند (Jane and Green, 1983; Allen and Breshears, 1998; Powers *et al.*, 1999). بنابراین با توجه به تنوع شرایط فیزیوگرافیک رویشگاه‌ها و قرارگیری درختان در شرایط مختلف می‌توان گفت توزیع فراوانی درختان خشکیده در ارتباط با شرایط فیزیوگرافیک و ساختاری توده، اثر همجواری درختان همسایه بر خشکیدگی درختان و نیز پاسخ‌های اکوفیزیولوژی آنها به تنش خشکسالی می‌تواند وضعیت مرگومیر درختان را به خوبی تفسیر کند (Guarin and Taylor, 2005). به‌طور کلی درک مرگومیر درختان ضروری است، چرا که از آن به عنوان یک شاخص سلامت بوم‌سازگان‌های جنگلی استفاده می‌شود (Franklin *et al.*, 1987)، اما شناخت و تعیین عوامل مرگ و میر درختی همواره مشکل است که دلیل آن، فراوان بودن عوامل و تنوع زیاد آنها در بوم‌سازگان‌های جنگلی مختلف برمی‌گردد. به‌علاوه

عملکرد طولانی‌مدت این عوامل بر پیچیدگی موضوع می‌افزاید. در پژوهشی نشان داده شد که تأثیر خشکیدگی بلوط بر پایه‌های شاخه‌زاد نسبت به پایه‌های بلوط دانه‌زاد بیشتر است (حمزه‌پور و همکاران، ۱۳۸۹). در پژوهشی نشان داده شد که خشکیدگی بلوط در ارتفاعات پایین، دامنه‌های جنوبی و به‌خصوص در خاک‌های سنگلاخی بیشتر است (Lawrence *et al.*, 2002). نتایج بررسی تأثیر عوامل محیطی در خشکیدگی و کاهش بلوط در مناطق کوهستانی اوزارک<sup>۱</sup>، نشان داد که کاهش شدید بلوط در این منطقه تحت تأثیر شرایط رویشگاهی از قبیل خاک، موقعیت شکل زمین، شیب و جهت است، همچنین در شیب‌های تند و مناطقی که خاک شنی و دارای کاتیون‌های کمی بود، درصد خشکیدگی بیشتر است. خشکیدگی شدید گونه‌های بلوط در دوران خشک‌سالی و فقر مواد غذایی به‌دلیل مسن بودن گونه‌های بلوط در این رویشگاه بود (Kabrick *et al.*, 2007). نتایج ارتباط خشکی و مرگومیر درختی نشان داد که فراوانی تاریخ مرگومیر درختان همبستگی منفی با مقدار خشکی فصلی و سالانه داشته و درختان بیشتری در سال‌های با شاخص خشکی PDSI (شاخص شدت خشکی پالمر) زیر حد نرمال مردند (Guarin and Taylor, 2005). طی پژوهشی این نتایج حاصل شد که مرگومیر درختی متأثر از تغییرات مشخصه‌های اقلیمی مانند افزایش دما و کاهش بارندگی است (Ruiz-Benito *et al.*, 2013). نتایج پژوهشی نشان داد که بیشترین مرگومیر درختی (بلوط) در خاک‌های کم‌عمق و سنگی، در خط‌الرأس یا دامنه‌های با شیب تند، جهت‌های غربی تا شمالی، شاخص رویشگاه متوسط یا پایین‌تر و نقاطی که گونه‌های بلوط قرمز (به‌ویژه بلوط‌های سیاه و اسکارلت) غالب‌اند، مشاهده شد (Starkey and Oak, 1989). نتایج بررسی عوامل رویشگاه و توده مرتبط با

<sup>1</sup> Ozark

(Galiano et al., 2012). در جنگل‌های بلوط اسپانیا، نتیجه‌گیری شد که مرگ‌ومیر درختی متأثر از خصوصیات خاک است (Ruiz-Benito et al., 2013). با توجه به اینکه بررسی کلیه عوامل مرگ‌ومیر درختی به علت فراوانی و پیچیدگی آنها اغلب مشکل بوده و نیازمند صرف زمان و هزینه زیاد است، متناسب با مقتضیات موجود سعی بر بررسی عوامل در سطح توده<sup>۱</sup> شامل عوامل رویشگاه از قبیل توپوگرافی، خاک، رطوبت خاک، کوبیدگی خاک و... شده است. از طرفی با توجه به نبود آگاهی‌های لازم درباره چگونگی پراکنش مرگ‌ومیر درختی در جنگل‌های زاگرس و تأثیر عوامل خاکی و توپوگرافیک به خصوص رطوبت خاک در عرصه‌های جنگلی برای پژوهش‌های بعدی، لزوم اجرای تحقیق حاضر بیشتر می‌شود.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه تحقیق

به منظور اجرای تحقیق، بخشی از جنگل‌های زاگرس (جنگل‌های قلاجه، کوه کچل) به مساحت ۵۰۰ هکتار واقع در غرب استان کرمانشاه، در حد فاصل جاده اسلام‌آباد به گیلانغرب با طول جغرافیایی ۱۱° ۴۷' ۶۰" تا ۲۳° ۰۲' ۶۱" و عرض جغرافیایی ۱۵° ۷۱' ۳۷" تا ۰۸' ۷۵' ۳۷" انتخاب شد. براساس داده‌های ۳۰ ساله نزدیک‌ترین ایستگاه سینوپتیک، منطقه دارای متوسط دمای ۱۳/۸ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالیانه ۴۳۳ میلی‌متر است. نوع اقلیم و وضعیت آب‌وهوایی منطقه براساس روش دومارتن ( $I=18/02$ ) و اقلیم‌نگاشت تجربی آمبروزه ( $Q=32/9$ ) نیمه‌خشک سرد تعیین شد. طول فصل خشک با توجه به منحنی آمبروترمیک، از اواسط بهار تا اواخر پاییز است و دیگر ماه‌های سال، فصل مرطوب به حساب می‌آیند. از نظر زمین‌شناسی منطقه دارای سنگ‌مادر آهکی و مارنی با خاک‌های کم‌عمق تا

مرگ‌ومیر درختی در پی وقوع خشکی و طغیان سوسک پوست‌خوار در جنگل‌های نراد یونان نشان داد که خسارت در موقعیت‌های الف) در جهت‌های جغرافیایی غربی، شمال غربی، شمالی و شمال شرقی، ب) در شیب‌های ملایم‌تر، ج) در ارتفاع ۱۳۰۰-۱۲۰۰ متر از سطح دریا، د) در خاک‌های عمیق‌تر، و ه) در بهترین کیفیت رویشگاهی، بیشتر بود (Markalas, 1992). در پژوهشی نشان داده شد که الگوهای زمانی مرگ درخت در بین جهت‌های شمالی و جنوبی و نیز در بین گونه‌های درختی مشابه بود، اما تراکم درختان مرده روی شیب‌های شمالی بیشتر از شیب‌های جنوبی بود (Guarin and Taylor, 2005). پژوهش دیگری نشان داد که درصد کانون‌های مرگ‌ومیر درختی در جهت‌های جنوبی و غربی که گرم‌تر بودند بیشتر بوده و درصد مرگ‌ومیر نیز بیشتر بود (Nelson et al., 2007). پژوهشی دیگر نشان داد که مرگ‌ومیر بلوط قرمز، بیشتر روی شیب‌های تندتر و خاک‌های شنی است و بر روی رویشگاه‌های خشک و دارای کمبود غذایی رایج‌تر است (Kabrick et al., 2008). ارتباط مرگ‌ومیر درختی با توپوگرافی و خاک نشان داد که توپوگرافی، خاک و آشفستگی‌های اقلیمی در مقیاس منطقه‌ای بر مرگ‌ومیر درختی تأثیر معنی‌داری دارند، همچنین ارتباط خاک و توپوگرافی با مرگ‌ومیر درختی به قطر درخت بستگی دارد؛ ارتباط خاک و توپوگرافی با مرگ‌ومیر تغییرات زمانی دارد، حاصلخیزی خاک مهم‌ترین عوامل پیشگیری‌کننده مرگ‌ومیر درختی در منطقه مورد بررسی بود و مرگ‌ومیر درختی در دره‌ها و شیب‌های تند با خاک‌های شنی بیشتر از اراضی هموار با خاک‌های رسی و با زهکشی مناسب بود (Toledo et al., 2011). طی پژوهشی در جنگل‌های بلوط اسپانیا، نشان داد که خشکیدگی تاجی ماهیت چند عاملی داشته و از بین آنها عمق خاک تأثیر زیادی در الگوی مکانی سرخشکیدگی در جنگل به‌عنوان پاسخ درختان به خشکی دارد

<sup>1</sup>Stand Level

دارد که ۸۷/۹ درصد فراوانی درختی متعلق به گونه بلوط ایرانی (*Quercus brantii*) است (جدول ۱).

نیمه عمیق با بافت متوسط بر روی سنگریزه و سنگ است (حمزه و همکاران، ۱۳۸۷). به طور کلی در منطقه تحقیق هفت گونه درختی و درختچه‌ای وجود

جدول ۱- ترکیب گونه‌ای درختی و درختچه‌ای در منطقه تحقیق

| فرآوانی کل (درصد) | تعداد در هکتار |       |       |       | نام علمی گونه | نام فارسی گونه   |
|-------------------|----------------|-------|-------|-------|---------------|--|
|                   | کل             | غرب   | شرق   | جنوب  |               |  |
| ۸۷/۹۷             | ۱۷۲            | ۴۱/۸  | ۴۳    | ۴۲/۱۴ | ۴۵/۰۶         | <i>Quercus Brantii</i> VAR <i>Persica</i> Lindl<br>بلوط ایرانی         |
| ۱/۸۴              | ۳/۶            | ۰/۸۹  | ۰/۹   | ۰/۸۹  | ۰/۹۳          | <i>Acer monspessulanum</i> subsp. <i>Cineraceuse</i><br>کیکم           |
| ۰/۶۶              | ۱/۳            | ۰/۳۲  | ۰/۳۲  | ۰/۳۲  | ۰/۳۴          | <i>Amygdalus scoparia</i> Boiss. (= <i>A. horrida</i> ).<br>ارژن جنگلی |
| ۶/۷۵              | ۱۳/۲           | ۳/۲۲  | ۳/۲۹  | ۳/۲۷  | ۳/۴۲          | <i>Pistacia atlantica</i> Desf.<br>بنه                                 |
| ۰/۲۲              | ۰/۴۳           | ۰/۱۰۵ | ۰/۱۰۶ | ۰/۱۰۷ | ۰/۱۱۲         | <i>Cerasus microcarpa</i> C.A. Mey. Boiss.<br>آلبالو وحشی              |
| ۲/۴۵              | ۴/۸            | ۱/۱۷  | ۱/۲۱  | ۱/۱۸  | ۱/۲۵          | <i>Cratagus punctica</i> C. Koch.<br>زالزالک وحشی                      |
| ۰/۱               | ۰/۲            | ۰/۰۴۹ | ۰/۰۵  | ۰/۰۴۹ | ۰/۰۵۲         | <i>Ficus carica</i><br>انجیر   |

#### شیوه اجرای پژوهش

تیپ درختی خط نمونه مورد نظر به صورت تیپ خالص آن گونه نامگذاری شد. اگر سطح تاج گونه اول ۵۰-۹۰ درصد بود، آن خط نمونه با دو گونه و به صورت تیپ آمیخته نامگذاری شد و اسم دو گونه با علامت (-) از هم جدا شد، و اگر سطح تاج گونه اول کمتر از ۵۰ درصد و گونه دوم کمتر از آن و سطح تاج گونه سوم کمتر از ۱۰ درصد بود، این تیپ نیز با دو گونه ولی با علامت (e) معرفی شد و گونه سوم در نامگذاری تیپ مؤثر نبود؛ اما اگر در هر دو حالت پیش گفته (نامگذاری با دو گونه درختی) سطح تاج گونه سوم بیش از ۱۰ درصد کل سطح تاج آن نمونه خطی را تشکیل می‌داد، ذکر نام آن به صورت گونه همراه انجام گرفت. برای برداشت اطلاعات مرگومیر درختان در ارتباط با رطوبت، کوبیدگی و بافت خاک، pH، کربن، نیتروژن، C/N، درصد خشکیدگی (۱۰۰-۷۵، ۷۵-۵۰، ۵۰-۲۵، ۲۵-۰ و بدون خشکیدگی (بی‌نام، ۱۳۹۱))، درجه شیب (>۶۰، ۴۵-۶۰، ۴۵-۳۰، ۳۰-۱۵ و ۰-۱۵)، جهات (شمال، جنوب، شرق و غرب)، ارتفاع (۱۷۰۰-۱۹۰۰، ۱۹۰۰-۲۱۰۰ و ۲۱۰۰-۱۷۰۰، ۱۵۰۰، ۱۵۰۰-۱۳۰۰، ۱۳۰۰-۱۱۰۰ متر)، نوع گونه،

۵۰۰ هکتار از جنگل‌های قلاجه، که بیشترین خشکی در آنجا اتفاق افتاده بود و به طور تقریبی نیمرخ کاملی از جنگل‌های منطقه را پوشش می‌داد، انتخاب شد. سپس با توجه به محل قرار گرفتن جنگل‌ها (زاگرس)، نحوه بررسی، شاخص‌های مورد اندازه‌گیری، وسعت منطقه، مشاهدات در جنگل‌گردشی، برای اجرای مرحله اول این پژوهش (تیپ‌بندی براساس درصد سطح تاج درختان در خط نمونه بر طبق جدول ۲ (مروی مهاجر، ۱۳۸۴)) از نمونه‌برداری منظم-تصادفی با یک شبکه آماربرداری ۲۰۰×۱۵۰ متر با ترانسکت‌های ۵۰ متری (طوری که در هر خط نمونه ۱۰ تا ۱۵ درخت قرار بگیرد) استفاده شد (زبیری، ۱۳۸۸). برای تیپ‌بندی بعد از اندازه‌گیری سطح تاج درختان در خط نمونه، اقدام به محاسبه درصد سطح تاج کل درختان و سپس به تفکیک گونه شد، و در نهایت براساس جدول ۲، تیپ‌بندی به این صورت انجام گرفت که اگر در یک خط نمونه سطح تاج یک گونه بیش از ۹۰ درصد کل سطح تاج آن خط نمونه را شامل می‌شد،

کوبیدگی خاک، شیب، جهت، ارتفاع از سطح دریا، تیپ و اثرهای متقابل آنها در داخل واحدهای کار برپیدایش خشکیدگی و مرگومیر درختان ارزیابی و برای کل جنگل مورد پژوهش، ارتباط درختان خشکیده با مشخصه‌های مورد بررسی مشخص شد. در نهایت برای بخش تیپ‌بندی ۱۶۵ خط نمونه و ۴۰۰ واحد کاری برای بخش مرگومیر درختان برداشت شد. برای به‌دست آوردن نتایج این پژوهش، فرضیه‌ها شامل فرضیه‌های همبستگی و فرضیه‌های مقایسه‌ای بودند. فرضیه‌های همبستگی با آزمون همبستگی پیرسون بررسی شدند و فرضیه‌های مقایسه‌ای (مقایسه میانگین) براساس روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن ( $\alpha=0/5$ ). اطلاعات جمع‌آوری شده در محیط Excel ثبت و دسته‌بندی شده و از نرم‌افزار SPSS برای به‌دست آوردن همبستگی بین صفات استفاده شد و در نهایت برای تجزیه واریانس و مقایسه میانگین از نرم‌افزار SAS استفاده شد.

برای شناسایی و تشکیل واحدهای کار (براساس فرم زمین، جهت، شیب، ارتفاع) در محیط GIS اقدام صورت گرفت (در حالتی که سطح واحدهای کاری کمتر از ۲۰ آر بود کل درختان اندازه‌گیری شد و در صورتی که بیشتر از ۲۰ آر بود از نمونه‌برداری (نمونه‌برداری منظم-تصادفی با یک شبکه آماربرداری  $100 \times 100$  متر و سطح قطعه نمونه ۲۰ آری با شکل قطعات نمونه مربع-مستطیلی با ابعاد  $40 \times 50$  متر (طهماسبی، ۱۳۷۴ و نوشادی، ۱۳۹۳) استفاده شد. در داخل هر واحد کاری یک نمونه خاک، به‌منظور مطالعات خاک‌شناسی برداشت شد. برای اندازه‌گیری بافت خاک از روش هیدرومتر بایکاس، برای اندازه‌گیری ازت خاک از روش کلدال<sup>۱</sup>، برای اندازه‌گیری وزن مخصوص ظاهری از روش کلوخه، و برای اندازه‌گیری کربن آلی از روش احتراق سرد<sup>۲</sup> استفاده شد و درصد آهک با دستگاه کلسی‌متری اندازه‌گیری شد. در مرحله بعد تأثیر رطوبت خاک،

جدول ۲- نامگذاری تیپ‌های جنگلی براساس سطح درصد تاج درختان در خط نمونه (مروی مهاجر، ۱۳۸۴)

| آمیختگی درختان |          |          | گونه درختی                       | نوع تیپ |
|----------------|----------|----------|----------------------------------|---------|
| گونه سوم       | گونه دوم | گونه اول |                                  |         |
| -              | -        | >۹۰ %    | خالص                             | اصلی    |
| -              | <۵۰ %    | ۵۰-۹۰ %  | آمیخته (-)                       |         |
| -              | <۵۰ %    | <۵۰ %    | آمیخته (+)                       | فرعی    |
| >۱۰ %          | <۵۰ %    | ۵۰-۹۰ %  | آمیخته (-) همراه با گونه سوم     |         |
| >۱۰ %          | <۵۰ %    | <۵۰ %    | آمیخته (+) همراه با گونه سوم     |         |
| >۱۰ %          | <۵۰ %    | >۵۰ %    | آمیخته (-) همراه با دیگر گونه‌ها |         |

## نتایج

شیب‌ها، جهت × تیپ‌ها، ارتفاع × جهت‌ها و شیب × جهت‌های گوناگون در سطح ۱ درصد با هم اختلاف معنی‌دار دارند. مقایسه میانگین آنها (حاصل از روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن،  $\alpha=0/5$ ) به‌صورت شکل نشان داده شده است (شکل ۱).

خصوصیات آماری تجزیه واریانس و همبستگی به‌ترتیب در جدول‌های ۳ و ۴ و همچنین شکل‌های مرتبط ۱ تا ۴ آورده شده است.

جدول تجزیه واریانس برای درختان خشکیده (تعداد) در ارتباط با عوامل مورد بررسی نشان داد که تعداد درختان خشکیده در تیپ‌های مختلف، جهت‌ها،

<sup>1</sup> Kjeldahl

<sup>2</sup> Black and Walking

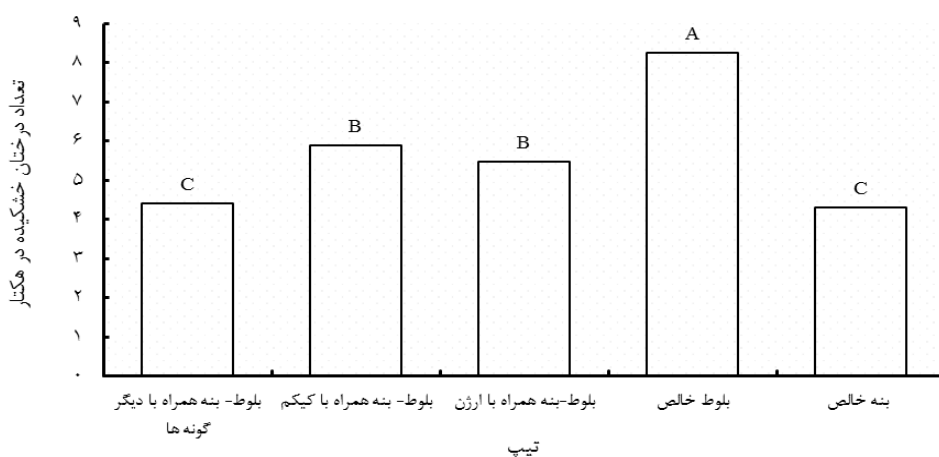
خالص با بلوط-بنه همراه با دیگر گونه‌ها معنی‌دار نیست، ولی با تیپ بلوط خالص تفاوت معنی‌داری دارد و بیشترین میانگین درختان خشکیده در تیپ بلوط خالص و کمترین آن در تیپ‌های بنه خالص با بلوط- بنه همراه با دیگر گونه‌ها دیده شد.

شکل ۱ نشان‌دهنده معنی‌دار بودن میانگین تعداد درختان خشکیده در هکتار در تیپ‌های مختلف است این مقایسه نشان می‌دهد میانگین تعداد درختان خشکیده (در هکتار) در بین تیپ‌های بلوط-بنه همراه با کیکم با بلوط-بنه همراه با ارژن، و بین تیپ‌های بنه

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات بررسی شده در ارتباط با تعداد درختان خشکیده

| میانگین مربعات        |         |               |         |         |          |           |           |            |                      |
|-----------------------|---------|---------------|---------|---------|----------|-----------|-----------|------------|----------------------|
| درختان خشکیده (تعداد) | C/N     | نیترژن (درصد) | کربن    | pH      | بافت     | وزن ظاهری | رطوبت     | درجه آزادی | منابع تغییرات        |
| ۴۱۰/۲۱**              | ۰/۷۰۲** | ۰/۰۰۱۲**      | ۰/۱۳**  | ۰/۳۱۹** | ۰/۱۹۸    | ۱/۳۶۲**   | ۱/۱۰۵**   | ۴          | تیپ                  |
| ۸۵۶/۴۵**              | ۰/۴۰۷*  | ۰/۰۶۵۷**      | ۰/۳۷۷** | ۴/۱۱۸** | ۳۲/۴۳۶** | ۳/۰۵۹**   | ۱۵۷/۷۷۵** | ۳          | جهت                  |
| ۲/۰۷                  | ۰/۰۴۳   | ۰/۰۰۰۰۲       | ۰/۰۰۴   | ۰/۰۴۶   | ۰/۴۹۸    | ۰/۰۰۱     | ۲۱۴/۲۵۹** | ۴          | ارتفاع از سطح دریا   |
| ۴۰۶/۶۹**              | ۰/۰۰۱** | ۰/۰۰۰۴        | ۰/۱۹۶** | ۰/۸۸۳** | ۶/۵۳۳**  | ۰/۲۴**    | ۶۳/۸۸۷**  | ۳          | شیب                  |
| ۱۱۲/۰۱**              | ۰/۳۱۵*  | ۰/۰۰۰۵**      | ۰/۱۱۶** | ۰/۲۵۱** | ۳/۵۷۳**  | ۰/۰۰۲     | ۰/۶۷**    | ۱۲         | جهت×تیپ              |
| ۱/۲۱۳                 | ۰/۰۹۵   | ۰/۰۰۰۰۴       | ۰/۰۰۶   | ۰/۰۶۶   | ۰/۶۹۵    | ۰/۰۰۲     | ۰/۲۱۱     | ۱۶         | ارتفاع×تیپ           |
| ۴/۰۶۳                 | ۰/۳۹۴** | ۰/۰۰۰۳        | ۰/۰۹**  | ۰/۰۵۲   | ۱/۷۲۳    | ۰         | ۰/۲۳۷     | ۱۲         | شیب×تیپ              |
| ۳۶/۵۱**               | ۰/۰۸۶   | ۰/۰۰۲۳**      | ۰/۳۴۷** | ۰/۳۳۷** | ۱/۶۶۴    | ۰/۰۸**    | ۲/۱۸۵**   | ۱۲         | ارتفاع×جهت           |
| ۱۸/۸۸**               | ۰/۳۰۱*  | ۰/۰۰۰۵**      | ۰/۰۹۲** | ۰/۰۶۱   | ۲/۷۸۷*   | ۰/۰۰۷     | ۰/۵۵**    | ۹          | شیب×جهت              |
| ۱/۹۸۸                 | ۰/۰۶۸   | ۰/۰۰۰۱        | ۰/۰۲۴   | ۰/۰۲۹   | ۱/۲۸۶    | ۰/۰۰۳     | ۴/۳۲**    | ۱۲         | شیب × ارتفاع         |
| ۷/۳۸                  | ۰/۱۱۹   | ۰/۰۰۰۱        | ۰/۰۱۵   | ۰/۰۹۸** | ۰/۵۵۵    | ۰/۰۰۲     | ۰/۴۹۴**   | ۴۸         | ارتفاع×جهت×تیپ       |
| ۰/۵۷۸                 | ۰/۰۶۸   | ۰/۰۰۰۱        | ۰/۰۲    | ۰/۰۲۹   | ۰/۹۰۸    | ۰         | ۰/۲۶۶     | ۴۸         | شیب × ارتفاع×تیپ     |
| ۳/۴۵۳                 | ۰/۰۸۴   | ۰/۰۰۰۱        | ۰/۰۲۱   | ۰/۰۲۳   | ۲/۱۲۴**  | ۰/۰۰۱     | ۰/۶۵۲**   | ۳۶         | شیب × ارتفاع×جهت     |
| ۱/۶۲۸                 | ۰/۱۱۴   | ۰/۰۰۰۱**      | ۰/۰۱۸   | ۰/۰۳۹   | ۱/۰۶۵    | ۰         | ۰/۲۳۵     | ۱۸۰        | شیب × ارتفاع×جهت×تیپ |
| ۳/۹۲۷۵                | ۰/۱۴۵   | ۰/۰۰۰۲        | ۰/۰۳۶   | ۰/۰۵۸   | ۱/۲۳۷    | ۰/۰۰۴۱    | ۰/۲۱۷     | ۴۰۰        | خطا                  |
| ۳۴/۹۶                 | ۳/۳۷    | ۷/۶۶          | ۸/۴۳    | ۳/۱۸    | ۵۲/۴۷    | ۴/۴۷      | ۴/۵۶      |            | CV                   |

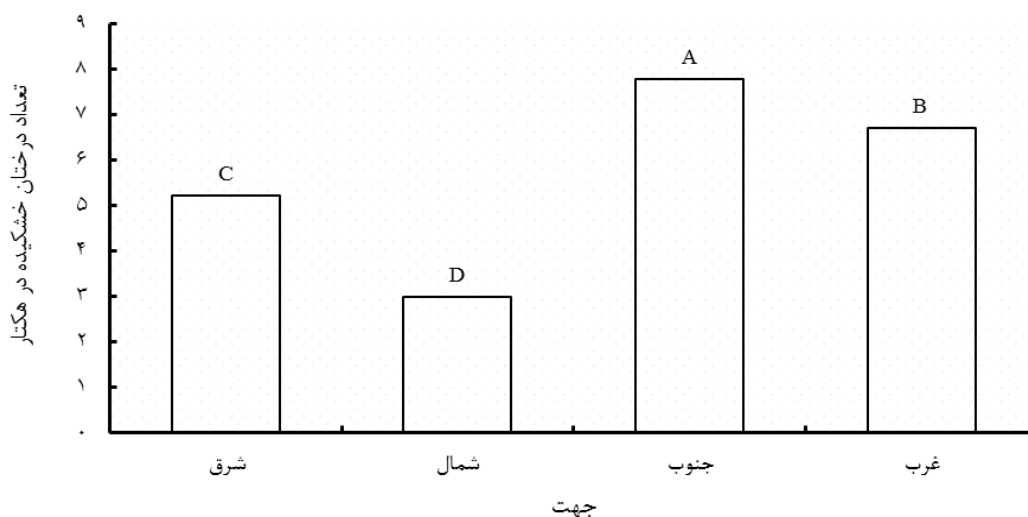
\* و \*\* به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطوح ۵ و ۱ درصد.



شکل ۱- مقایسه میانگین تعداد درختان خشکیده (در هکتار) در تیپ‌های مختلف

سطح منطقه را به خود اختصاص دادند. در عوض جهات جنوبی با ۸/۹۳ عدد و جهات شمالی با ۳/۲۲ عدد، به ترتیب حداکثر و حداقل میانگین تعداد درخت خشک در هکتار را دارا بودند.

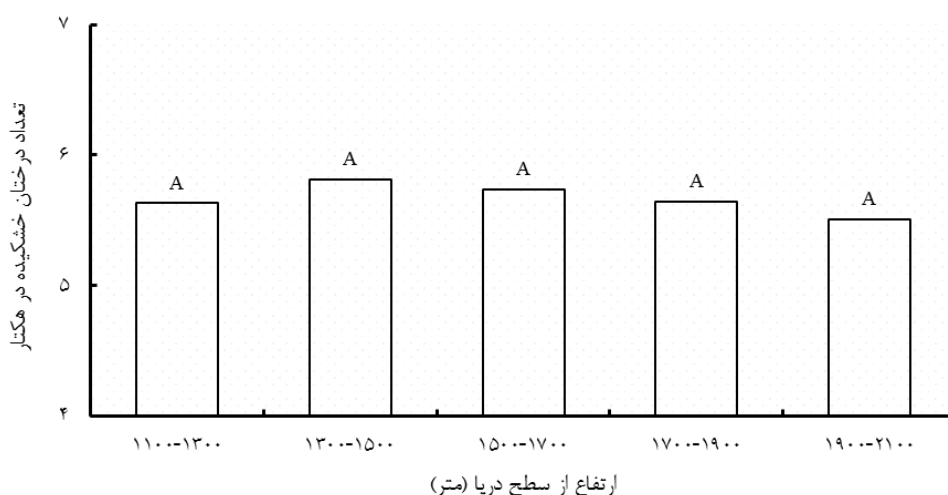
شکل ۲ نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میانگین تعداد درختان خشکیده (در هکتار) در بین جهت‌های مختلف است. جهات شرق و شمال به ترتیب با ۳۶/۵۶ و ۳۵/۶۷ درصد بیشترین سطح، و جهات غرب و جنوب به ترتیب با ۲۱/۵۸ و ۶/۱۸ درصد کمترین



شکل ۲- مقایسه میانگین تعداد درختان خشکیده (در هکتار) در جهت‌های مختلف

۱۹۰۰-۲۱۰۰ به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را دارند.

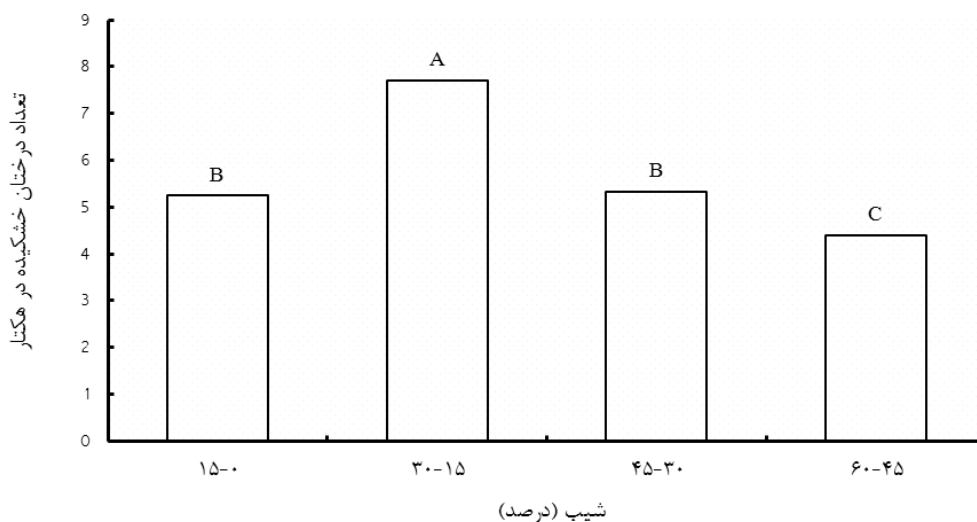
شکل ۳ نشان‌دهنده نبود اختلاف معنی‌دار میانگین تعداد درختان خشکیده (در هکتار) در بین ارتفاع‌های مختلف است. و ارتفاع‌های ۱۳۰۰-۱۵۰۰ و



شکل ۳- مقایسه میانگین تعداد درختان خشکیده (در هکتار) در ارتفاع‌های مختلف

۱۵-۰ و ۳۰-۴۵ اختلاف معنی داری وجود ندارد و بیشترین میانگین تعداد درختان خشکیده در کلاسه شیبی ۱۵-۳۰ دیده می شود.

شکل ۴ نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار میانگین تعداد درختان خشکیده (در هکتار) در بین شیب های مختلف است، اما بین دو کلاسه شیبی



شکل ۴- مقایسه میانگین تعداد درختان خشکیده (در هکتار) در شیب های مختلف

(در سطح ۹۵ درصد)، و با وزن ظاهری خاک، pH، کربن و نیتروژن (در سطح ۹۹ درصد) همبستگی وجود دارد.

بررسی رابطه همبستگی بین تعداد درختان خشکیده با مؤلفه های خاک نشان داد که بین تعداد درختان خشکیده با رطوبت خاک، C/N و بافت خاک

جدول ۴- همبستگی بین خصوصیات خاک و تعداد درختان خشکیده

| درختان خشکیده (تعداد) | C/N    | نیتروژن (درصد) | کربن    | pH      | بافت    | وزن ظاهری | رطوبت    | مشخصه ها      |
|-----------------------|--------|----------------|---------|---------|---------|-----------|----------|---------------|
| ۱                     | -۰/۲۸* | -۰/۱۶۸**       | ۰/۱۷۳** | ۰/۲۷۴** | ۰/۱۲۵*  | ۰/۴۴۸**   | -۰/۱*    | درختان خشکیده |
| ۱                     |        | ۰/۰۵۲          | ۰/۲۳۹** | ۰/۰۸۲   | ۰/۱۵۹** | ۰/۰۱      | -۰/۰۴۲   | C/N           |
| ۱                     |        | ۱              | ۰/۹۵۷** | -۰/۰۲۳  | ۰/۱۴۶** | -۰/۶۰۵**  | ۰/۳۶۹**  | نیتروژن       |
| ۱                     |        |                | ۱       | ۰/۰۰۱   | ۰/۰۹۵   | -۰/۵۹۳**  | ۰/۳۴۵**  | کربن          |
| ۱                     |        |                |         | ۱       | ۰/۰۵۷   | ۰/۱۱۶*    | ۰/۰۵     | pH            |
| ۱                     |        |                |         |         | ۱       | ۰/۹۵      | -۰/۱۰۶*  | بافت          |
| ۱                     |        |                |         |         |         | ۱         | -۰/۳۱۴** | وزن ظاهری     |
| ۱                     |        |                |         |         |         |           | ۱        | رطوبت         |

\* و \*\* به ترتیب نشان دهنده همبستگی در سطوح ۵ و ۱ درصد.



## بحث

## ارتباط متغیرهای فیزیوگرافی رویشگاه با خشکیدگی درختی

ویژگی‌های توپوگرافیک تأثیر مشخصی بر رطوبت در دسترس خاک در نواحی کوهستانی دارند (Stephenson, 1990)، همچنین برخی از دانشمندان اظهار می‌دارند که الگوهای مکانی مرگ‌ومیر درختی و توپوگرافی در برخی از بوم‌سازگان جنگلی با هم ارتباط دارند (Guarin and Taylor, 2005). برای مثال در جنگل‌های پهن‌برگ کوهستانی آمریکا مرگ‌ومیر درختان بلوط قرمز بر روی یال‌ها یا دامنه‌های با شیب تند و جهت‌های غربی تا شمالی بیشتر بوده است (Starkey and Oak, 1989) نتایج تحقیقات این دانشمندان (غیر از نتیجه به‌دست‌آمده در شیب‌های تند)، یافته‌های این پژوهش را تأیید می‌کند. که یکی از دلایل آن اثر برهم‌کنش و در مواردی جبران‌کننده فاکتورهای بررسی شده است، مثلاً با افزایش درصد شیب، کوبیدگی خاک در اثر عبور و مرور کمتر، کاهش می‌یابد یا خنک‌تر شدن هوا با افزایش ارتفاع از سطح دریا تا حدی جبران‌کننده خشکی است. همچنین در جنگل‌های بلوط در آمریکا مرگ‌ومیر بیشتر بلوط قرمز روی شیب‌های تندتر و خاک‌های شنی بود (Kabrick et al., 2008) که نتایج ما را تأیید می‌کند.

درصد بیشتر درختان مرده در جهت‌های گرم‌تر نسبت به جهت‌های خنک‌تر بیانگر اثر توپوگرافی در بزرگنمایی مرگ‌ومیر درختی ناشی از خشکی است (Guarin and Taylor, 2005) نتایج نشان می‌دهد که مرگ‌ومیر درختی بیشتر در جهت‌های جنوبی، غربی و گاه شرقی در منطقه تحقیق احتمالاً مرتبط با گرم‌تر بودن، جهت رویشگاه و تنش خشکی است. در جهت‌های جنوبی و غربی به‌علت وجود گرمای بیشتر، رطوبت نسبی رویشگاه به‌دلیل تبخیر و تعرق بیشتر، کاهش می‌یابد و سپس عوامل زنده مانند سوسک‌های چوبخوار به‌دلیل تنش‌های محیطی از قبیل خشکی به درختان حمله

می‌کنند (Mattson and Haack, 1987) و این عوامل بر روند خشک شدن درختان تأثیر می‌گذارد، اما پدیده خشکیدگی در جهت‌های شمالی بیشتر با انبوهی توده که منتج به رقابت بیشتر درختان برای جذب رطوبت و مواد غذایی می‌شود در ارتباط است، زیرا در جهت‌های شمالی به‌طور معمول هوا سردتر و مقدار رطوبت بیشتر است. در نتیجه کیفیت رویشگاه بهتر است که موجب انبوه‌تر شدن توده می‌شود (Guarin and Taylor, 2005). یافته‌های این قسمت با تحقیقات (Franklin et al., 1987) و (Rouvinen et al., 2002) نیز همخوانی دارد. آنها نشان دادند که در شرایط طبیعی، توان تولیدی زیاد رویشگاه منتج به افزایش میانگین تولید چوب و افزایش موجودی سرپای توده می‌شود، اما در شرایط تنش خشکی، انبوهی و رویه‌زمینی زیاد توده تأثیر دارد و موجب تشدید رقابت بین درختی می‌شود که خودبه‌خود به افزایش تنش خشکی و افزایش مرگ‌ومیر درختی منجر می‌شود. به‌علاوه چون در منطقه تحقیق که فرم بیشتر درختان شاخه‌زاد است و توده‌ها اغلب یک‌دست از گونه بلوط تشکیل شده‌اند، رقابت بین‌گونه‌ای شدیدتر است، موردی که در تیپ خالص بلوط منطقه اتفاق افتاده است. همچنین رقابت بین جست‌های داخل جست گروه بر شدت رقابت بین پایه‌ها برای دستیابی به منابع آبی و مواد غذایی می‌افزاید. در نتیجه رقابت بیشتر به تنش خشکی بیشتر و در نتیجه خشکیدگی تاجی و مرگ‌ومیر درختی بیشتر منجر می‌شود که نتایج ما را تأیید می‌کند.

اثرهای قوی و هم‌زمان خشکی و طغیان سوسک‌های چوبخوار بر مرگ‌ومیر درختان به‌ویژه در توده‌های با رویه زمینی بیشتر، اثر جهت جغرافیایی را بر مرگ‌ومیر درختی پیچیده کرده است (حسینی، ۱۳۹۲)، چراکه برخی از مرگ‌ومیرهای شدید در جهت شمالی رخ داده است. اما در منطقه تحقیق از نظر میانگین تعداد در هکتار، جهات مختلف با هم

که مرگومیرهای شدیدتر در جهت‌های گرم‌تر و نقاط خشک‌تر اتفاق می‌افتد. در این نقاط، گرمای بیشتر و خشکی توپوگرافیک زیادتر، موجب تنش بیشتر درختان و مرگومیر درختی می‌شود.

#### ارتباط متغیرهای خاک با خشکیدگی درختی

با توجه به نتایج آنالیز همبستگی این پژوهش مشخص شد که متغیرهای درصد رطوبت، نیتروژن خاک و C/N با شدت مرگومیر درختی ارتباط عکس دارند. در بررسی دینامیک وضعیت تاج درختان بلوط (*Quercus robur* and *Quercus petraea*) در ارتباط با خصوصیات خاک نشان داده شد که هرچه نسبت C/N کوچک‌تر باشد، خشکیدگی تاجی درخت کمتر است (Drobyshev *et al.*, 2007) که تأییدکننده نتایج ماست.

در این پژوهش متغیر رطوبت خاک ارتباط معنی‌داری با مرگومیر نشان داد. از دلایل احتمالی آن می‌توان به خصوصیات بافت خاک و نیز تأثیر همزمان و پیچیده عوامل دیگر بر مرگومیر درختی اشاره کرد. این نتیجه مبین تأثیر خشکی و تنش کمبود رطوبت خاک بر زنده‌مانی درختان و عدم رفع نیاز آبی درختان در شرایط تنش خشکی بوده و موجب ضعف فیزیولوژیک آنهاست.

به‌طور کلی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در منطقه پژوهش، مرگومیر درختی در خاک‌های با اندازه مواد آلی و نیتروژن کمتر (که به‌طور معمول خاک‌های کم‌عمق دارای این ویژگی‌ها هستند)، بیشتر روی داده است. البته این الگو در تمام واحدهای کار صدق نمی‌کند که علت احتمالی آن اثرهای همزمان و متقابل دیگر عوامل محیطی بر مرگومیر درختی است که موجب شده‌اند مرگومیر درختی از الگوی کاملاً مشخصی پیروی نکند. برای مثال خنک‌تر شدن هوا با افزایش ارتفاع از سطح دریا تا حدی جبران‌کننده خشکی است. مقایسه نتایج پژوهشگران دیگر (Starkey and Oak, 1989; Markalas, 1992; Pool *et al.*, 2003; Guarin and Taylor, 2005;

اختلاف چندانی نداشتند (جدول ۱) از این‌رو این قضیه بیشتر در مناطقی که از نظر رویه زمینی با هم اختلاف چشمگیر دارند صدق می‌کند. دلیل دیگر بر ابهام ارتباط جهت جغرافیایی و شدت مرگومیر و مشکل بودن تفسیر آن این است که تنش خشکی به‌طور مستقیم بر خشکیدگی تاجی تأثیر دارد، ولی بر روی مرگومیر درختی خیر، چراکه ممکن است علاوه بر تنش خشکی عوامل دیگری نیز مثل سوسک‌های چوبخوار در مرگ درختان دخالت داشته باشند (Voelker *et al.*, 2008). به علاوه، نرخ‌های بالاتر خشکیدگی شاخه ممکن است در ابتدا در رویشگاه‌های خشک‌تر و با حاصلخیزی کمتر روی دهد، اما مرگومیر درختی ممکن است در این رویشگاه‌ها به تأخیر بیفتد، زیرا تنش‌های دیگری مانند رقابت درختی نیز دخیل‌اند که شدت آنها در این نقاط کمتر از رویشگاه‌های مرطوب و انبوه‌تر است. در بیشتر نتیجه‌گیری‌های محققان آمده است که ارتباط مرگومیر درختی با توپوگرافی متأثر از موجودی توده است (Guarin and Taylor, 2005; Kabrick *et al.*, 2008; Toledo *et al.*, 2011; Greenwood and Weisberg, 2008). در جنگل مورد بررسی، در طول زمان‌های متمادی، بسیاری از درختان دانه‌زاد قطع شده و به‌صورت شاخه‌زاد درآمده‌اند، در نتیجه تراکم درختان شاخه‌زاد در شرایط رویشگاهی مختلف فرق می‌کند. با توجه به اینکه جست‌گروه‌ها از چندین جست تشکیل شده‌اند و جست‌ها از یک ریشه تغذیه می‌کنند و رقابت بین جست برای جذب آب و مواد غذایی زیاد است و نیز کنده تولیدکننده جست‌ها اغلب مسن شده و به شرایط نامساعد حساس شده است، در شرایط خشکی شمار بیشتری از آنها در توده خشک‌شده و بر درصد درختان خشکیده در توده تأثیر می‌گذارند و آمار مرگومیر درختی را در نقاط مختلف رویشگاه تغییر می‌دهند.

به‌طور کلی از این قسمت می‌توان نتیجه‌گیری کرد

حمزه، بهنام، معصومه خان حسنی، یحیی خداکرمی و مصطفی نعمتی-پیکانی، ۱۳۸۷. بررسی فلوربستیکی و جامعه‌شناسی گیاهی جنگل‌های چهارزبر استان کرمانشاه، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۶ (۲): ۲۱۱-۲۲۹.

زبیری، محمود، ۱۳۸۸. زیست‌سنجی (بیومتری) جنگل، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۰۵ ص.

طهماسبی، منوچهر، ۱۳۷۴. بررسی مناسب‌ترین ابعاد شبکه آماربرداری و سطح قطعه‌نمونه برای دقت معین در جنگل‌های بلوط غرب کشور، مجله منابع طبیعی، ۵۶ (۲): ۳۷۶-۳۸۳.

عطارد، پدram، سید محمدمعین صادقی، امید فتحی‌زاده، مریم السادات مطهری، سعید راهبری سی‌سخت، محمد تقی احمدی، ویلما بایرام‌زاده، ۱۳۹۴. مقایسه روش‌های دمایی و تشعشعی برآورد تبخیرتغرق مرجع با روش استاندارد FAO Penman-Monteith در گرگان، مجله منابع طبیعی، ۶۸ (۲): ۳۶۹-۳۵۹.

مروی مهاجر، محمدرضا، ۱۳۸۴. جنگل‌شناسی و پرورش جنگل، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۸۸ ص.

نوشادی، حسن، منوچهر نمیرانیان، پدram عطارد و جعفر حسین‌زاده، ۱۳۹۳. تأثیر عوامل فیزیوگرافی بر مشخصه‌های کمی بلوط ایرانی در جنگل‌های زاگرس میانی (پژوهش موردی جنگل‌های ایلام)، مجله منابع طبیعی، ۶۷ (۱): ۸۴-۷۳.

Allen, C.D., and D.D. Breshears, 1998, Drought-induced shift of a forest-Woodland ecotone: rapid landscape to climate variation, Proceedings of the National Academy of Science, 95: 14839-14842.

Drobyshev, I., H. Linderson, and K. Sonesson 2007. Temporal mortality pattern of pediculate oaks in southern Sweden, *Dendrochronology*, 24: 97-108.

Elliott, K.J., and W.T. Swank, 1994, Impact of drought on tree mortality and growth in a mixed hardwood forest, *Journal of Vegetation Science*, 5: 229-236.

Franklin, J.F., H.H. Shugart, and M.E. Harmon, 1987. Tree death as an ecological process, *Bioscience*, 37: 550-556.

نیز (Kabrick et al., 2008; Toledo et al., 2011; نشان می‌دهد که یافته‌های آنها بیشتر با یکدیگر تفاوت دارد و الگوی مرگ‌ومیر درختی متفاوت و با شرایط توپوگرافی و اداپتیکی متفاوتی ارائه داده‌اند. این امر مبین تأثیر ویژگی‌های خاص هر منطقه بر الگوی مرگ‌ومیر در داخل آن و نیز اثرهای همزمان عوامل چندگانه بر مرگ‌ومیر است که موجب پیچیدگی در ایجاد الگوی واضحی برای مرگ‌ومیر درختی می‌شود. به‌طور کلی می‌توان گفت مرگ‌ومیر شدیدتر در خاک‌های کم‌عمق صورت می‌گیرد. در این خاک‌ها ظرفیت نگهداری آب و قابلیت دسترسی به رطوبت خاک کمتر بوده (Elliot and Swank, 1994) و نیز تغییرات زمانی بیشتری از نظر رطوبت خاک داشته (Yeakley et al., 1998) و در نتیجه رطوبت کمتری دارند (عطارد و همکاران، ۱۳۹۴؛ Guarin and Taylor, 2005)؛ همچنین مواد آلی و کیفیت و حاصلخیزی کمتری دارند (Drobyshev et al., 2007) در نتیجه عمق ریشه‌دوانی درختان در این نقاط و دسترسی ریشه‌های آنها به رطوبت اعماق پایین کمتر شده و درخت در شرایط تنش زودتر و سریع‌تر دچار خشکیدگی و مرگ می‌شود که با نتایج این تحقیق همسوست.

## منابع

بی‌نام، ۱۳۹۱. دستورالعمل مبارزه با خشکیدگی، سازمان جنگل‌ها مراتع و آبخیزداری کشور، ۶۲ ص.

حسینی، احمد، سیدمحسن حسینی، احمد رحمانی و داوود آزادفر، ۱۳۹۲. مقایسه خصوصیات محیط‌های رقابتی توده‌های سالم بلوط ایرانی و توده‌های متاثر از زوال بلوط در استان ایلام، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۱ (۴): ۶۰۶-۶۱۶.

حمزه پور، مجتبی، هادی کیادلیری و سید کاظم بردبار، ۱۳۸۹. بررسی مقدماتی خشکیدگی بلوط ایرانی در دشت برم کازرون، استان فارس، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۹ (۲): ۳۶۳-۳۵۲.

- Galiano, L., J. Martinez-Vilalta, S. Sabate, and F. Liret, 2012. Determinants of drought effects on crown condition and their relationship with depletion of carbon reserves in a Mediterranean holm oak forest, *Tree physiology*, 32: 478-489.
- Greenwood, D.L., and P.J. Weisberg, 2008. Density-dependent tree mortality in pinyon-juniper woodlands, *Forest Ecology and Management*, 255: 2129-2137.
- Guarin, A., and A.H. Taylor, 2005. Drought triggered tree mortality in mixed conifer forests in Yosemite national park, California, USA, *Forest ecology and management*, 218: 229-244.
- Jane, G.T., and T.G.A. Green, 1983. Episodic forest mortality in the Kaimai Ranges, North Island, *New Zealand journal of botany*, 21: 21-31.
- Kabrick, J.M., D.C. Dey, R.G. Jensen, and M. Wallendorf, 2008. The role of environmental factors in oak decline and mortality in the Ozark Highlands, *Forest Ecology and Management*, 255: 1409-417.
- Kabrick, J.M., D.C. Dey, R.G. Jensen, and M. Wallendorf, 2007. The role of environmental Factors in Oak decline and mortality in the Ozark Highland. *Forest Ecology and management*, 255: 1409-1417.
- Lawrence, R., B. Moltzan, and K. Moser, 2002. Oak decline and the future of Missouri forests, *Missouri Conservationist* 63: 11-18.
- Mattson, W.J., and R.A. Haack, 1987. The role of drought in outbreaks of plant-eating insects. *Bioscience*, 37: 110-118.
- Markalas, S., 1992. Site and stand factors related to mortality rate in a fir forest after a combined incidence of drought and insect attack, *Forest Ecology and Management*, 47: 367-374.
- Nelson T.A., B. Boots, M.A. Wulder, and Carroll, A.L., 2007. Environmental characteristics of mountain pine beetle infestation hot spots, *Journal of Ecosystem and Management*, 8: 91- 108.
- Powers, J., S. Sollins, P., Harmon, and J.A. Jones, 1999. Plant-pest interaction in time and space: a Douglas-fir bark beetle outbreak as a case study, *Landscape Ecology*, 14: 105-120.
- Rouvinen S., T. Kuuluvainen, and J. Siitonen, 2002. Tree mortality in a *Pinus sylvestris* dominated boreal forest landscape in Vienansalo wilderness, eastern Fennoscandia, *Silva Fennica*, 36(1): 127-145.
- Ruiz-Benito P., E.R. Lines, L. Gomez-Aparicio, M.A. Zavala and D.A. Coomes, 2013. Patterns and drivers of tree mortality in Iberian forests: Climate effects are modified by competition, *PLoS One*, 8: e56843.
- Starkey, D.A., and S.W. Oak, 1989. Site factors and stand conditions associated with oak decline in southern upland hardwood factors, USDA Forest Service general technical report NC north central forest experiment station, 304: 5-8.
- Stephenson, N.L., 1990. Climate control of vegetation distribution: the role of water balance, *American Naturalist*, 135: 649-670.
- Toledo, J.J.D., W.E. Magnusson, C.V. Castilho, and H.E.M. Nascimento, 2011. How much variation in tree mortality is predicted by soil and topography in central Amazonia? *Forest ecology and Management*, 262: 331-338.
- Voelker S.L., R.M. Muzika, and R.P. Guyette, 2008. Individual tree and stand level influence on the growth, vigor, and decline of red oaks in the Ozarks, *Forest Science*, 54: 8-20.
- Yeakley, J.A., W.T. Swank, L.W. Swift, G.M. Hornberger, and H. Shugart, 1998. Soil moisture gradients and controls on a southern Appalachian hill slope from drought through recharge, *Hydrology and Earth System Sciences*, 2: 41-49.

**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**

**E. Parvaneh<sup>1\*</sup>, V. Etemad<sup>2</sup>, M.R. Marvie Mohajer<sup>3</sup>, Gh. Zahedi Amiri<sup>2</sup>, and P. Attarod<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Ph.D Student of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran

<sup>2</sup>Associate Prof. of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran

<sup>3</sup> Prof. of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran

(Received: 2 June 2015; Accepted: 24 August 2015)

**Abstract**

In order to investigate the decline of oak trees in Zagros forests in relation to forest soil characteristics and topographic conditions, Ghalaje Forests with an area of 500 ha in Kermanshah province were selected. For forest classification, systematic-random sampling was used with a 200×150 m grid by 50 m transects. Work units were specified based on the land form, aspect, altitude, slope degree and rate of oak decline. Soil samples were taken within work unit to analyze soil texture by hydrometer, soil nitrogen by Kjeldahl, bulk density by clod method, organic carbon by Black and Walkey method and lime percentage with Calcimetri method. The results of analysis of variance showed that the number of dieback trees was significant ( $P < 1\%$ ) in different types, slopes, aspects × types, altitudes × aspects and slopes × aspects. Correlation was found between the number of dieback trees and soil moisture and texture ( $P < 5\%$ ), and with bulk density, pH, soil carbon and nitrogen ( $P < 1\%$ ). However, no correlation was found between the numbers of dieback trees with C/N. We concluded that severe tree mortality occurred at shallower soils with lower organic matter and nitrogen contents, steeper slopes, warmer aspects and most pure forest types. The results will help to perform successful rehabilitation, restoration, and forest plantation projects and will be useful in the management of declined oak forests.

**Keywords:** Forest types, Rate of oak decline, Soil characteristics, Topographic conditions.

