

DOI: 10.29252/ARIDBIOM.2024.21417.2006

بررسی زوال بلوط در رابطه با تنوع گونه‌های چوبی، خصوصیات خاک و عوامل فیزیوگرافی

در جنگل‌های زاگرس جنوبی

(مقاله پژوهشی)

- ۱- محمد جعفری، دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.
- ۲- عبدالعلی کرماشاهی*، دانشیار گروه علوم جنگل، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.
a.karamshahi@ilam.ac.ir
- ۳- مهدی حیدری، دانشیار گروه علوم جنگل، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.
- ۴- جواد میرزایی، دانشیار گروه علوم جنگل، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.
- ۵- ناهید جعفریان، محقق بخش تحقیقات جنگلها، مراتع و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام، ایران.

دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۱۲

پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۱۶

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی زوال بلوط در رابطه با تنوع گونه‌های چوبی، خصوصیات خاک و عوامل فیزیوگرافی در منطقه بانکول استان ایلام انجام شده است. این مطالعه در دو جهت دامنه شمالی و شرقی و در سه طبقه ارتفاعی (۱۳۴۰-۱۴۴۰، ۱۴۴۰-۱۵۴۰ و بیشتر از ۱۵۴۰ متر از سطح دریا) و با برداشت قطعات نمونه ۱۰۰۰ مترمربعی دایره‌ای انجام شد. در قطعات نمونه، تنوع گونه‌های چوبی و درصد خشکیدگی پایه‌های بلوط بررسی و ثبت شد. نمونه‌های خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتری برداشت شد. بررسی اثر عوامل توپوگرافی بر خصوصیات خاک، تنوع گونه‌ای و میزان خشکیدگی با استفاده از آنالیز واریانس دوطرفه و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت. رابطه شاخص‌های تنوع، خصوصیات خاک و خشکیدگی در طبقات ارتفاعی در هر جهت دامنه با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) بررسی شد. نتایج نشان دادند که ارتفاع از سطح دریا و جهت دامنه بر خصوصیات خاک، تنوع گونه‌های چوبی و میزان خشکیدگی درختان اثر معنی‌داری دارند. بر اساس نتایج، میزان ماده آلی در جهت شمالی بیشتر از جهت شرقی بود. بیشترین میزان نیتروژن کل در طبقات ارتفاعی ۱۴۴۰-۱۵۴۰ و بیشتر از ۱۵۴۰ متر در جهت شمالی و کمترین میزان آن در طبقه ارتفاعی ۱۳۴۰-۱۴۴۰ متر از سطح دریا در جهت شرقی بود. مقدار فسفر در جهت شمالی و در طبقه ارتفاعی ۱۴۴۰-۱۵۴۰ از سطح دریا بیشترین میزان را نشان داد. شاخص‌های تنوع شانون وینر و سیمپسون و غنای گونه‌های چوبی در جهت شمالی و طبقات ارتفاعات میانی و بالا بیشتر از طبقه ارتفاعی پایین بود. بیشترین میزان خشکیدگی در طبقه ارتفاعی بالاتر از ۱۵۴۰ متر در هر دو جهت شمالی (۹/۸۸ درصد) و شرقی (۱۰/۵۵ درصد) مشاهده شد و کمترین میزان آن در طبقه ارتفاع از سطح دریا میانی جهت شمالی و شرقی ثبت شد. براساس نتایج در هر دو جهت شمالی و شرقی، خشکیدگی بلوط با الگوی مشابه در طبقه ارتفاعی بالاتر بیشتر است و این موقعیت‌ها باید در اولویت حفاظت، احیا و عملیات‌های پرورشی مرتبط با این پدیده قرار گیرند.

واژگان کلیدی: عوامل محیطی، جهت دامنه، عناصر غذایی خاک، تحلیل مؤلفه اصلی.

مقدمه

جنگل‌ها نقش مهمی در کاهش بلایای طبیعی، تلطیف آب‌وهوا، حمایت از تنوع زیستی گونه‌های گیاهی و جانوری و کاهش تغییرات آب‌وهوایی دارند [۸، ۶۴]. عوامل مختلف مرتبط با فعالیت‌های انسانی (مانند تغییر کاربری اراضی، آتش‌سوزی، چرای دام، چوب سوخت) و عوامل طبیعی (مانند آفات و بیماری‌ها) موجب تخریب کمی و کیفی جنگل‌ها در سراسر جهان شده است [۲، ۳۹، ۱۹، ۲]. علاوه بر این، خشکیدگی درختان یا زوال که معمولاً به صورت ناگهانی و خاموش بروز پیدا می‌کند از دیگر عواملی است که سبب تغییر کمی و کیفی جنگل‌ها شده است. از آنجاکه زوال جنگل‌ها به طور فزاینده‌ای در سرتاسر جهان

جنگل‌ها نقش مهمی در کاهش بلایای طبیعی، تلطیف آب‌وهوا، حمایت از تنوع زیستی گونه‌های گیاهی و جانوری و کاهش تغییرات آب‌وهوایی دارند [۸، ۶۴]. عوامل مختلف مرتبط با فعالیت‌های انسانی (مانند تغییر کاربری اراضی، آتش‌سوزی، چرای دام، چوب سوخت) و عوامل طبیعی

دارد، لذا بررسی تنوع زیستی گونه‌ای در رابطه با عوامل توپوگرافی می‌تواند شاخص مناسبی برای بررسی تغییرات توده‌های جنگلی و تنش‌های محیطی مؤثر بر این توده‌ها از جمله زوال باشد و این رابطه به‌خصوص در جنگل‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک باید مورد ارزیابی بیشتر قرار گیرد [۳۴].

عوامل توپوگرافی نقش مهمی در تغییرپذیری ویژگی‌های خاک در فواصل کوتاه با ایجاد تغییر در میزان انرژی دریافتی و توزیع آب دارند [۱۱، ۱۷]. این عوامل در قالب ارتفاع از سطح دریا و شیب شامل موقعیت جهت و درصد شیب اثر مستقیمی بر فرآیندهای تشکیل و تکامل خاک و خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک دارند [۳۰]. به گونه‌ای که جهت و موقعیت شیب قادرند حرکت آب در طول شیب را کنترل و در تفاوت‌های مکانی خصوصیات خاک و پوشش گیاهی نقش داشته باشند [۵۷، ۵۹].

در اکوسیستم‌های جنگلی، تغییرات ترکیب و تنوع گونه‌های گیاهی و نیز خصوصیات خاک در طول گردان‌های توپوگرافی (شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا) شکل می‌گیرد. علاوه بر این، تغییرات مکانی و شدت بروز و توسعه آفات و بیماری‌ها و پدیده‌های مرتبط با گونه‌های گیاهی مانند زوال می‌تواند ارتباط تنگاتنگی با عوامل توپوگرافی داشته باشد که در بسیاری از اکوسیستم‌ها هنوز به خوبی مطالعه نشده است. این درحالی است که در راستای مدیریت اکولوژیک اکوسیستم و کنترل یا کاهش شدت چنین پدیده‌هایی، شناخت و پایش این عوامل و تغییرات پوشش گیاهی در رابطه با آن اهمیت زیادی دارد [۵۱].

از این رو، مطالعه حاضر با هدف بررسی ارتباط عوامل توپوگرافی (جهت و ارتفاع از سطح دریا) با خصوصیات خاک، تنوع گونه‌های چوبی و زوال درختان در جنگل‌های زاگرس جنوبی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در ناحیه رویشی زاگرس در استان ایلام و در شهرستان سیروان قرار گرفته است. گونه غالب این حوزه رویشی، *Quercus brantii* L. می‌باشد و

گزارش می‌شود و ممکن است در آینده در نتیجه تغییرات آب‌وهوا بیشتر شود، بررسی توزیع شدت و دلایل مؤثر بر آن ضروری است [۵۳، ۵۸].

ناحیه رویشی زاگرس در غرب ایران، ۴۰ درصد مساحت جنگل‌های کشور (معادل پنج میلیون هکتار) را به خود اختصاص داده است و به دلایل متعدد اجتماعی-اقتصادی، سیاسی و بوم‌شناختی، از منابع کلیدی و راهبردی کشور به‌شمار می‌آید. خشکیدگی یا زوال درختان در این اکوسیستم جنگلی زاگرس امروزه به‌عنوان یک موضوع مهم مطرح بوده و در برخی از مناطق سبب خشکی نسبی یا مرگ کامل درختان مختلف و به‌خصوص درختان بلوط شد [۲۱، ۲۲].

عوامل مختلفی مانند خشکسالی‌های پی‌درپی، تغییرات خصوصیات خاک، پدیده گردوغبار در وقوع زوال درختی مؤثر دانسته شده است [۵، ۲۵، ۶۳]. در واقع، مشارکت عوامل محیطی و عوامل زنده (عوامل بیماری‌زا) سبب ضعف و در نتیجه خشکیدگی گیاهان می‌شوند [۱۰، ۴۴]. خشکسالی‌ها و بروز تنش‌های خشکی شدید که سبب می‌شود درختان نتوانند آب مورد نیاز خود را به اندازه کافی به‌دست آورند و دچار ضعف فیزیولوژیک شوند [۱۴، ۲۰]. از عوامل اصلی زوال شناخته شده است.

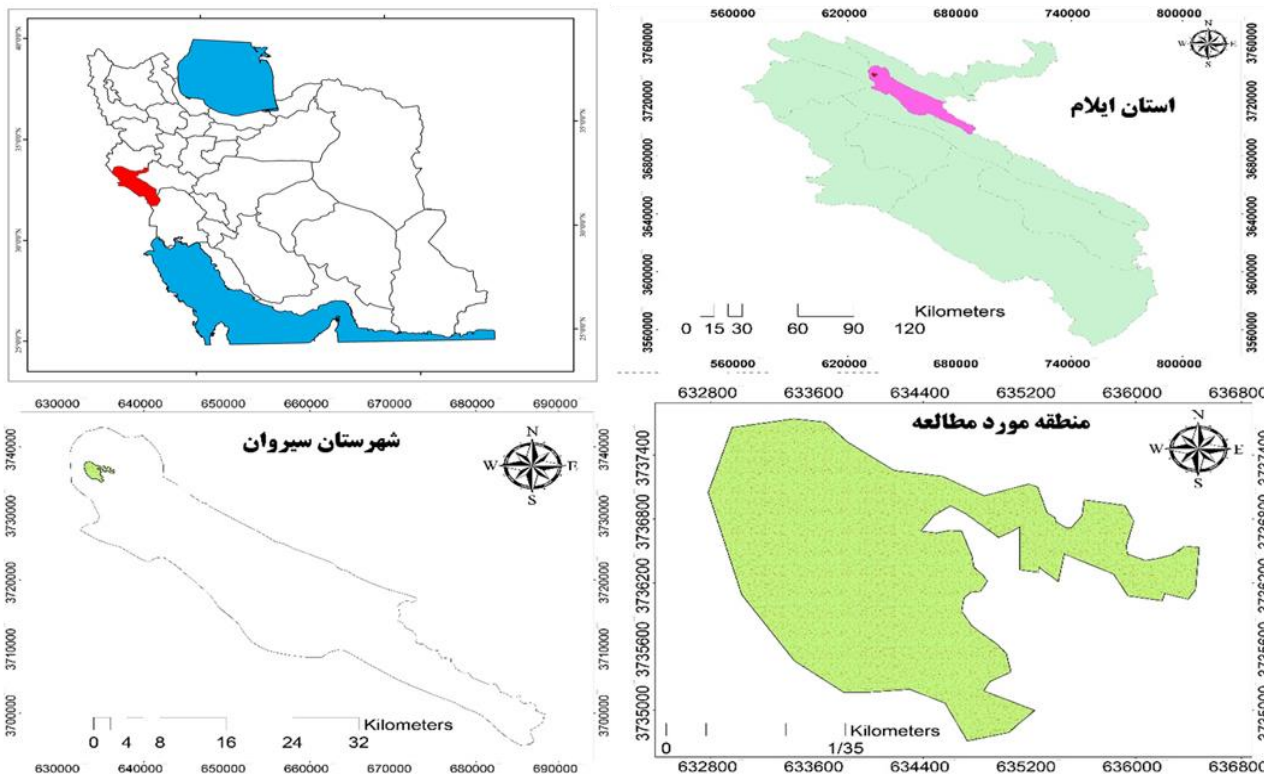
خشکیدگی یا زوال درختان در رویشگاه‌های مختلف شدت یکسانی ندارد [۴، ۱۳]. محققان بیان می‌دارند که عوامل مرتبط با توپوگرافی بر شدت زوال گونه‌های جنگلی می‌تواند اثرگذار باشد [۳۵، ۵۶]. شرایط توپوگرافی و خصوصیات ساختاری توده بر شدت خشکیدگی مؤثر دانسته شده است [۱].

از آنجا که توپوگرافی نقش مهمی در تغییرات خصوصیات خاک و ترکیب، ساختار و تنوع گونه‌های گیاهی دارد [۳۱، ۳۸]، بنابراین به نظر می‌رسد در مقیاس‌های محلی و منطقه‌ای بررسی ارتباط پدیده زوال درختان جنگلی با توپوگرافی به‌عنوان بستر تغییرات خاک [۵۰]، ساختار توده [۶۰] و تنوع گونه‌ای [۴۲] جنگل، بینش واضح‌تری از این پدیده و عوامل کنترل‌کننده شدت آن فراهم نماید.

پراکنش، فراوانی و تغییرات مکانی گونه‌های گیاهی و اثرات متقابل گونه‌ها تحت تأثیر عوامل توپوگرافی قرار

و ۳۷۳۶۲۷۶ تا ۳۷۳۶۸۵۲ طول جغرافیایی شرقی واقع شده است. مساحت منطقه مورد مطالعه حدود ۵۰۰ هکتار می‌باشد و در دامنه ارتفاعی ۱۳۴۰ تا ۱۷۰۰ متر از سطح دریا واقع شده است (شکل ۱).

گونه‌های درختی و درختچه‌ای دیگری مانند بنه، کیکم، زالک، دافنه و شن به صورت همراه با آن دیده می‌شود. منطقه مورد مطالعه در سیستم مختصات جغرافیایی UTM بین ۶۳۶۳۷۶ تا ۶۳۲۹۲۶ عرض جغرافیایی شمالی



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور و استان ایلام

شد. فرمول محاسبه این شاخص‌ها در زیر ارائه شده است (رابطه ۱ تا ۵) [۳۷].

نمونه‌برداری

برای انجام این پژوهش، دو دامنه شمالی و شرقی در جنگل‌های شهرستان سیروان انتخاب شد. در هر دامنه، سه طبقه ارتفاعی شامل ۱۳۴۰-۱۴۴۰، ۱۴۴۰-۱۵۴۰ و بیشتر از ۱۵۴۰ متر تعیین شد. در هر طبقه، در هر یک از دامنه‌های شمالی و شرقی، چهار ترانسکت به عرض ۱۵۰ متر با شروع تصادفی از پایین به بالای دامنه پیاده شد. در طول هر ترانسکت در هر کدام از کلاسه‌های ارتفاعی، دو قطعه نمونه ۱۰۰۰ مترمربعی دایره‌ای شکل (در کل ۳۶ قطعه نمونه) به صورت تصادفی برداشت شد.

در هر قطعه نمونه، درصد تاج‌پوشش درختان و درختچه‌ها با اندازه‌گیری قطر بزرگ و کوچک تاج محاسبه شد. سپس اندازه‌گیری تنوع گونه‌ای با استفاده از شاخص غنای گونه‌ای مارگالف و منهنیک، تنوع شانون-وینر، تنوع سیمپسون و یکنواختی پایلو در برنامه PAST محاسبه

$$R1 = \frac{S-1}{\ln(N)} \quad (1)$$

$$R2 = \frac{S}{\sqrt{N}} \quad (2)$$

$$H = - \sum_{i=1}^S W_i \ln(W_i) \quad (3)$$

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S \left[\frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)} \right] \quad (4)$$

$$E = \frac{H}{H_{max}} \quad (5)$$

R1: غنای مارگالف، R2: غنای منهنیک، H: شاخص تنوع شانون-وینر، D: شاخص تنوع سیمپسون، E: یکنواختی پایلو.

$$p_i = \frac{n_i}{N} \quad (۶)$$

Pi: نسبت فراوانی هر گونه به فراوانی کل آن.

برای بررسی ارتباط شاخص‌های تنوع‌زیستی، خصوصیات خاک و خشکیدگی درختان در طبقات مختلف ارتفاعی و جهت‌های مختلف از تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) استفاده شد. تمام تحلیل‌های آماری در محیط نرم‌افزارهای R، SPSS 21، FactoMineR و factoextra انجام شد.

نتایج

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

نتایج نشان داد که رطوبت اشباع خاک $F = 22/198$ و $P\text{-value} < 0/01$ به طور معنی‌داری تحت تأثیر ارتفاع از سطح دریا قرار دارد. از طرفی، جهت دامنه تأثیر معنی‌داری بر pH $F\text{-value} = 4/799$ و $P\text{-value} = 0/035$ ، EC $F\text{-value} = 5/563$ و $P\text{-value} = 0/024$ ، رطوبت اشباع $F\text{-value} = 20/435$ و $P\text{-value} < 0/01$ ، کربن آلی خاک $F\text{-value} = 7/89$ و $P\text{-value} = 0/007$ ، نیتروژن کل $F\text{-value} = 7/89$ و $P\text{-value} = 0/007$ و فسفر $F\text{-value} = 7/89$ و $P\text{-value} < 0/01$ داشت (جدول ۱). همچنین بر اساس نتایج، $F = 11/223$ و $P\text{-value} < 0/01$ و فسفر $F\text{-value} = 4/169$ و $P\text{-value} < 0/01$ و اثرات متقابل ارتفاع از سطح دریا و جهت دامنه قرار گرفتند (جدول ۱).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، جهت شرقی در طبقات ارتفاعی ۱۳۴۰-۱۴۴۰ و ۱۴۴۰-۱۵۴۰ متر از سطح دریا بالاترین میزان pH و ارتفاع بالاتر از ۱۵۴۰ متر در هر دو دامنه شرقی و شمالی کمترین میزان را داشتند. به عبارتی، با افزایش ارتفاع از سطح دریا، میزان pH کاهش پیدا کرد. بیشترین میزان شوری خاک در جهت‌های شمالی و در ارتفاع ۱۴۴۰-۱۵۴۰ متر بود. درصد رطوبت اشباع خاک در جهت شمالی و در ارتفاع ۱۴۴۰-۱۵۴۰ متر از سطح دریا، بیشترین مقدار و در جهت شرقی و ارتفاع بالاتر از ۱۵۴۰ متر کمترین مقدار را داشت (شکل ۲).

میزان کربن آلی خاک در هر طبقه سه ارتفاعی در جهت‌های شمالی بیشتر از جهت شرقی بود. نتایج مقایسه

میزان خشکیدگی درختان در هر قطعه نمونه به صورت چشمی و بر اساس درصد، تخمین زده شد. به منظور بررسی خصوصیات فیزیکی-شیمیایی خاک از هر قطعه نمونه سه نمونه خاک از عمق ۰ تا ۳۰ سانتیمتری برداشت و با ادغام آنها یک نمونه ترکیبی به آزمایشگاه منتقل گردید.

تعیین بافت خاک با روش هیدرومتری [۹]، جرم مخصوص ظاهری از روش کلوخه و برحسب گرم بر سانتی مترمکعب [۲۸]، رطوبت اشباع خاک از روش وزنی و حسب درصد [۴۶]، شوری با استفاده از دستگاه هدایت الکتریکی سنج و بر حسب دسی‌زیمنس بر متر (dS/m)، اسیدیته خاک به وسیله دستگاه pH متر [۳۲]، فسفر خاک با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر، به روش اولسن و برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم (mg/kg) [۴۳]، کربن آلی با استفاده از روش والکلی بلک [۶۱] و بر حسب درصد، نیتروژن خاک به روش کجلدال، آهک خاک از روش خنثی‌سازی با اسید و تیتراسیون و بر حسب درصد تعیین شد.

تجزیه و تحلیل آماری

پس از بررسی نرمال بودن و همگنی واریانس داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و لون، از آنالیز واریانس دوطرفه (GLM) جهت بررسی اثر ارتفاع از سطح دریا و جهت دامنه بر خصوصیات خاک و تنوع‌زیستی و خشکیدگی استفاده شد. به منظور مقایسه میانگین اثر جهت دامنه و ارتفاع از سطح دریا از آزمون چنددامنه‌ای دانکن استفاده شد.

از سطح دریا، کمترین میزان این عنصر مشاهده شد. نتایج نشان داد که آهک، درصد رس و درصد شن اختلاف معنی‌داری را در ارتفاعات و جهت‌های مختلف نشان ندادند (شکل ۲).

نیترژن کل نشان داد که میزان این عنصر در جهت شمالی بیشتر از جهت شرقی بود. براساس نتایج، در جهت شمالی و در ارتفاع ۱۴۴۰-۱۵۴۰ متر از سطح دریا، بیشترین میزان فسفر و در جهت شرقی و ارتفاع ۱۳۴۰-۱۴۴۰ متر

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس دو طرفه (GLM) اثر ارتفاع از سطح دریا، جهت دامنه و اثر متقابل آنها بر خصوصیات خاک

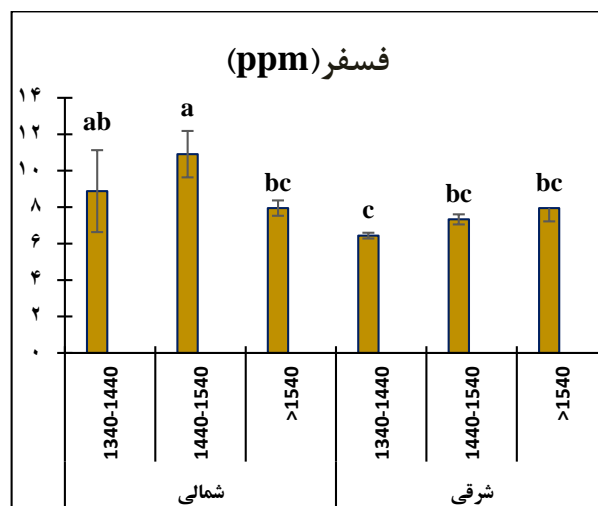
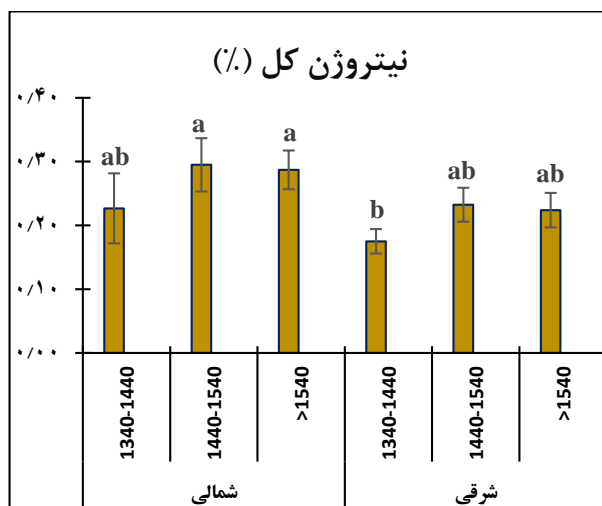
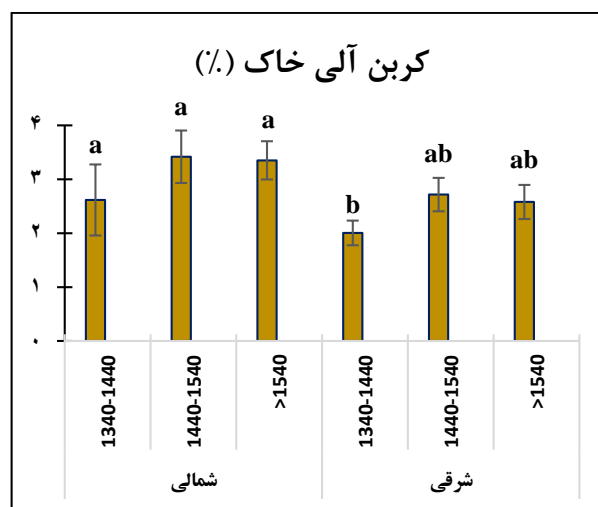
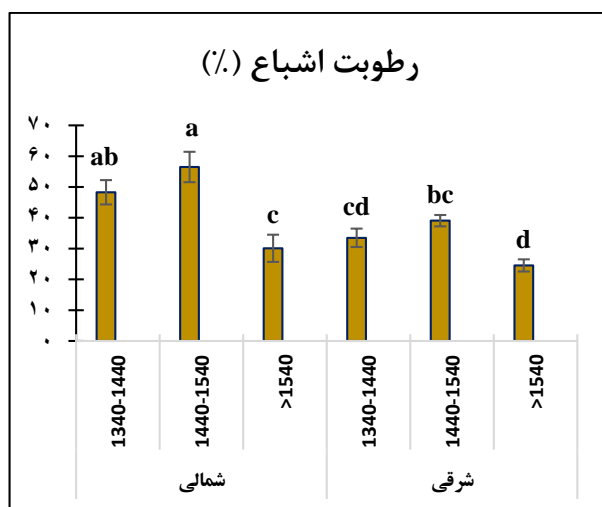
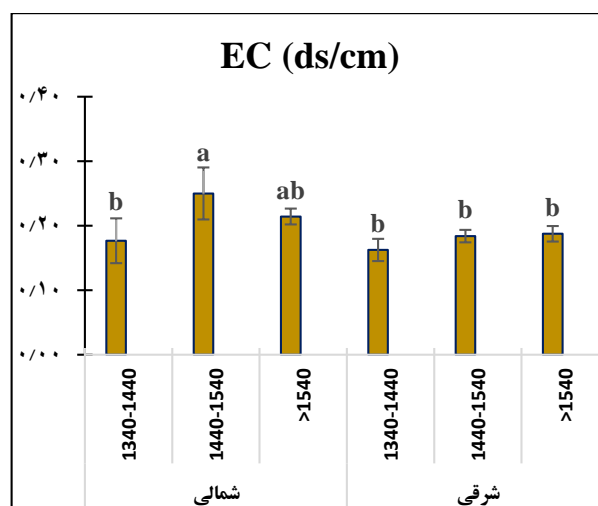
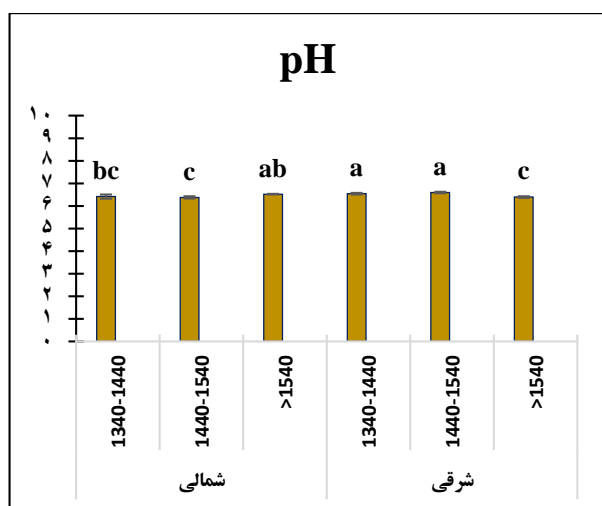
منبع تغییرات		pH		EC (ds/cm)		رطوبت اشباع (%)	
	Df	P	F	P	F	P	F
A: ارتفاع	۲	۰/۷۱۸	۰/۳۳۴	۰/۰۶۵	۲/۹۴۵	۰/۰۰۰	۲۲/۱۹۸
B: جهت	۱	۰/۰۳۵	۴/۷۹۹	۰/۰۲۴	۵/۵۶۳	۰/۰۰۰	۲۰/۴۳۵
A × B	۲	۰/۰۰۰	۱۱/۲۲۳	۰/۳۵۹	۱/۰۵۴	۰/۱۵۴	۱/۹۶۸
منبع تغییرات		کربن آلی خاک (%)		آهک (%)		نیترژن (%)	
	Df	P	F	P	F	P	F
A: ارتفاع	۲	۰/۱۸۲	۱/۷۸۲	۰/۵۸۸	۰/۵۳۹	۰/۱۹۸	۱/۶۹۲
B: جهت	۱	۰/۰۴۲	۴/۴۴۵	۰/۵۱۰	۰/۴۴۳	۰/۰۴۲	۴/۴۳۱
A × B	۲	۰/۹۸۱	۰/۰۱۹	۰/۴۷۱	۰/۷۶۹	۰/۹۸۴	۰/۰۱۶
منبع تغییرات		فسفر (mg/kg)		جرم مخصوص ظاهری (g/cm ³)		شن (%)	
	Df	P	F	P	F	P	F
A: ارتفاع	۲	۰/۰۹۵	۲/۵۱۱	۰/۹۵۲	۰/۰۴۹	۰/۳۵۱	۱/۰۷۸
B: جهت	۱	۰/۰۰۱	۱۲/۶۸۷	۰/۸۷۸	۰/۰۲۴	۰/۱۰۲	۲/۸۰۴
A × B	۲	۰/۰۲۳	۴/۱۶۹	۰/۲۴۱	۱/۴۷۸	۰/۶۷۸	۰/۳۹۲
منبع تغییرات		سیلت (%)		رس (%)			
	Df	P	F	P	F		
A: ارتفاع	۲	۰/۴۲۸	۰/۸۶۹	۰/۳۰۸	۱/۲۱۷		
B: جهت	۱	۰/۷۶۴	۰/۰۹۱	۰/۰۹۴	۲/۹۵۴		
A × B	۲	۰/۴۴۸	۰/۸۲۰	۰/۴۸۷	۰/۷۳۴		

* اثرات معنی‌دار با رنگ خاکستری نشان داده شده است.

تنوع زیستی و درصد خشکیدگی

بر اساس نتایج GLM، تمام شاخص‌های تنوع زیستی شامل غنای منهنیک، غنای مارگالف، تنوع سیمپسون و تنوع شانون وینر، به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر ارتفاع و اثر متقابل جهت دامنه و ارتفاع از سطح دریا قرار گرفتند (جدول ۲). همچنین شاخص یکنواختی پایلو تحت تأثیر اثر متقابل جهت دامنه و ارتفاع از سطح دریا قرار داشت (جدول ۲). شدت خشکیدگی درختان تنها تحت تأثیر ارتفاع از سطح دریا بود (F-value=۱۴/۸۱۶ و P=۰/۰۱ و value < ۰/۰۵) (جدول ۲).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین در ارتفاع بالاتر ۱۵۴۰ متر در دو جهت شمالی و شرقی و در ارتفاع ۱۴۴۰-۱۵۴۰ متر در جهت‌های شمالی بیشترین میزان غنای مارگالف و در ارتفاعات ۱۳۴۰-۱۴۴۰ متر از سطح دریا در جهت‌های شمالی کمترین مقدار آن مشاهده شد. میزان شاخص غنای منهنیک در ارتفاع بالاتر از ۱۵۴۰ متر از سطح دریا در جهت شرقی بیشترین و در ارتفاع ۱۳۴۰-۱۴۴۰ متر از سطح دریا در جهت شمالی کمترین مقدار را نشان داد (جدول ۳).



شکل ۲- نتایج مقایسه میانگین (\pm اشتباه معیار) خصوصیات خاک بین طبقات مختلف ارتفاع از سطح دریا در دو جهت دامنه شمالی و شرقی

پایلو در ارتفاع ۱۳۴۰-۱۴۴۰ متر در جهت شمالی و در ارتفاع بالاتر از ۱۵۴۰ متر در جهت شرقی دیده داشت. کمترین میزان شاخص یکنواختی پایلو نیز در ارتفاعات ۱۳۴۰-۱۴۴۰ متر از سطح دریا در جهت شرقی قرار

شاخص‌های تنوع شانون وینر و سیمپسون به ترتیب در ارتفاعات بالاتر از ۱۵۴۰ متر در دو جهت شمالی و شرقی و ارتفاعات ۱۴۴۰-۱۵۴۰ متر در جهت شمالی بیشترین مقدار را داشتند (جدول ۳). بیشترین میزان یکنواختی

داشت. براساس نتایج بیشترین شدت خشکیدگی در ارتفاع بالاتر از ۱۵۴۰ متر از سطح دریا در دو جهت شمالی و شرقی وجود داشت. کمترین درصد خشکیدگی نیز در ارتفاع ۱۴۴۰ تا ۱۵۴۰ متر از سطح دریا در دو جهت شمالی و شرقی وجود داشت (جدول ۳).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس دو طرفه (GLM) در ارزیابی اثرات ارتفاع، جهت دامنه و اثر متقابل آنها بر تنوع زیستی و درصد خشکیدگی

منبع تغییرات							Df	منبع تغییرات
شانون-وینر		سیمپسون		غناى منهنیک		P		
P	F	P	F	P	F		P	F
۰/۰۰۰	۱۵/۵۳۶	۰/۰۰۷	۵/۷۶۱	۰/۰۰۰	۲۷/۶۸۴	۰/۰۰۰	۲۷/۶۸۴	A: ارتفاع
۰/۱۶۹	۱/۹۶۳	۰/۰۷۲	۳/۴۲۷	۰/۰۶۷۸	۰/۱۷۶	۰/۰۶۷۸	۰/۱۷۶	B: جهت
۰/۰۳۲	۳/۷۸۸	۰/۰۴۳	۳/۴۲۲	۰/۰۱۷	۴/۵۳۳	۰/۰۱۷	۴/۵۳۳	A × B
منبع تغییرات							Df	منبع تغییرات
غناى مارگالف		یکنواختی پایلو		شدت خشکیدگی		P		
P	F	P	F	P	F		P	F
۰/۰۰۰	۲۹/۷۶۵	۰/۱۵۶	۱/۹۵۴	۰/۰۰۰	۱۴/۸۱۶	۰/۰۰۰	۱۴/۸۱۶	A: ارتفاع
۰/۱۹۹	۰/۱۹۹	۰/۲۲۲	۱/۵۴۶	۰/۰۶۶	۳/۵۷۹	۰/۰۶۶	۳/۵۷۹	B: جهت
۰/۰۱۷	۴/۵۵۷	۰/۰۴۹	۳/۲۸۰	۰/۴۷۸	۰/۷۵۲	۰/۴۷۸	۰/۷۵۲	A × B
						۰/۴۶۰	۰/۳۰۵	R ²

* اثرات معنی‌دار با رنگ خاکستری نشان داده شده است.

جدول ۳- مقایسه میانگین شاخص‌های تنوع زیستی و درصد خشکیدگی در جهت‌های دامنه شمالی و شرقی و طبقات ارتفاعی مختلف (میانگین ± اشتباه معیار)

خصوصیات	جهت دامنه شمالی			جهت دامنه شرقی		
	۱۴۴۰-۱۵۴۰	۱۵۴۰-۱۶۴۰	>۱۵۴۰	۱۴۴۰-۱۵۴۰	۱۵۴۰-۱۶۴۰	>۱۵۴۰
غنا مارگالف	۰/۵۷±۰/۰۷ ^c	۲/۰۱±۰/۱۵ ^a	۲/۲۵±۰/۱۵ ^a	۰/۶±۰/۲۲ ^{bc}	۱/۲۶±۰/۱۴ ^b	۲/۴۰±۰/۱۶ ^a
غناى منهنیک	۰/۶۳±۰/۰۱ ^d	۱/۵۷±۰/۱۵ ^b	۱/۷۳±۰/۱۳ ^{ab}	۰/۹۰±۰/۱۵ ^{cd}	۱/۱۲±۰/۱۰ ^c	۲/۰۷±۰/۱۳ ^a
سیمپسون	۰/۵۲±۰/۰۳ ^{ab}	۰/۶۸±۰/۰۳ ^a	۰/۶۶±۰/۰۵ ^a	۰/۴۲±۰/۰۸ ^b	۰/۴۲±۰/۰۵ ^b	۰/۷۲±۰/۰۴ ^a
شانون وینر	۰/۷۶±۰/۰۶ ^b	۱/۴۵±۰/۱۱ ^a	۱/۴۹±۰/۱۳ ^a	۰/۸۱±۰/۱۷ ^b	۰/۸۵±۰/۰۹ ^b	۱/۵۵±۰/۱۱ ^a
یکنواختی پایلو	۰/۸۰±۰/۰۶ ^a	۰/۷۵±۰/۰۶ ^{ab}	۰/۷۳±۰/۰۵ ^{ab}	۰/۶۴±۰/۰۲ ^{abc}	۰/۵۸±۰/۰۴ ^b	۰/۸۵±۰/۰۴ ^a
خشکیدگی (/.)	۰/۷±۰/۰۰۶ ^b	۰/۱۲±۰/۰۰۴ ^b	۹/۸۸±۲/۳۰ ^a	۵/۴۱±۱/۶۹ ^{ab}	۲/۸۲±۱/۱۵ ^b	۱۰/۵۵±۱/۶۷ ^a

(R=۰/۸۱۰ و P-value < ۰/۰۰۱)، جرم مخصوص ظاهری

(R=۰/۶۳۰ و P-value = ۰/۰۱۵) و شاخص غناى منهنیک

(R=۰/۵۸۲ و P-value= ۰/۰۲۸) داشت (جدول ۴).

محور دوم بیشترین همبستگی را با رطوبت اشباع

(R=۰/۸۶۳ و P-value < ۰/۰۰۱)، درصد خشکیدگی

(R=۰/۷۰۷ و P-value= ۰/۰۰۴)، pH (R=۰/۶۱۸) و

(P-value= ۰/۰۱۸) و فسفر (R=۰/۶۱۰ و P=

۰/۰۲۰) داشت (جدول ۴).

رابطه شاخص‌های تنوع زیستی با عوامل محیطی و

خشکیدگی درختان در جهت شمالی

از محورهای اول و دوم تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)، به

دلیل دارابودن بیشترین مقدار ارزش ویژه و درصد تبیین

واریانس (به ترتیب ۳۵/۹ و ۲۱/۵) استفاده شد. بر اساس

این نتایج، محور اول بیشترین همبستگی را با درصد شن

(R=۰/۹۲۴ و P-value < ۰/۰۰۱)، کربن (R=۰/۹۰۴۳) و

(P-value < ۰/۰۰۱)، نیتروژن (R=۰/۸۹۷ و P-

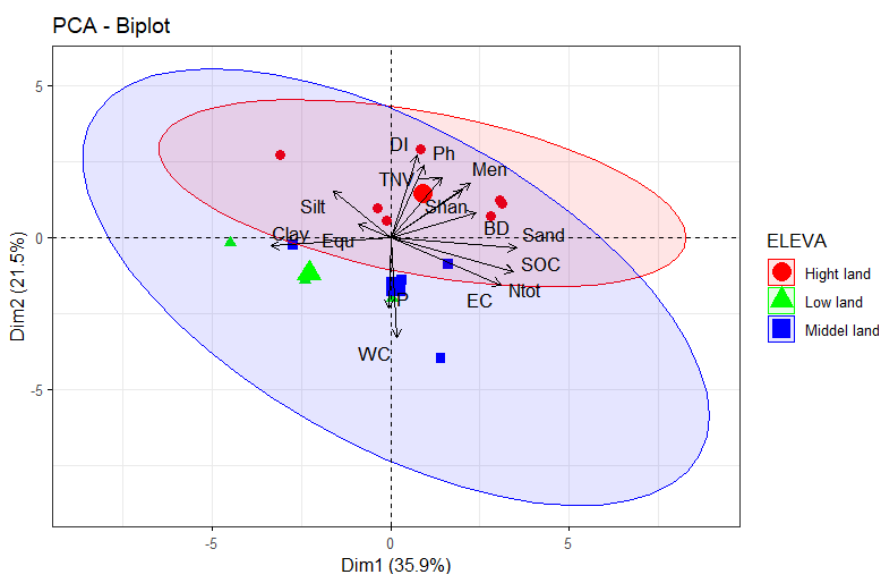
value < ۰/۰۰۱) رس (R=۰/۸۷۳ و P-value < ۰/۰۰۱)، شوری

جدول ۴- ضریب همبستگی متغیرهای مورد بررسی با محورهای اول و دوم PCA

محور ۲			محور ۱		
p.value	ضریب همبستگی	متغیر	p.value	ضریب همبستگی	متغیر
۰/۰۰۴	۰/۷۰۷	خشکیدگی	< ۰/۰۰۱	۰/۹۲۴	شن (%)
۰/۰۱۸	۰/۶۱۸	pH	< ۰/۰۰۱	۰/۹۰۴	کربن آلی (%)
۰/۰۲۰	۰/۶۱۰	فسفر (mg/kg)	< ۰/۰۰۱	۰/۸۹۷	نیترژن (%)
< ۰/۰۰۱	۰/۸۶۳	رطوبت اشباع (%)	< ۰/۰۰۱	۰/۸۱۰	شوری (dS/m)
			۰/۰۱۵	۰/۶۳۰	جرم مخصوص ظاهری (g/cm ³)
			۰/۰۲۸	۰/۵۸۲۸	شاخص منهنیک
			< ۰/۰۰۱	۰/۸۷۳	رس (%)

بیشتر، میزان خشکیدگی بالاتری داشت. آهک، جرم مخصوص ظاهری و pH بالا و رطوبت اشباع پایین مهم‌ترین خصوصیات خاکی این طبقه ارتفاعی هستند درحالی‌که طبقه ارتفاع پایین یکنواختی گونه ای بیشتری داشت.

بر اساس نتایج PCA، الگوی تفکیک واضحی بین طبقات ارتفاعی در جهت شمالی وجود داشت که بر اساس آن قطعات نمونه طبقات ارتفاعی بالا و طبقات ارتفاعی پایین به طور مشخص قابل تفکیک می‌باشند (شکل ۳). براین اساس طبقه ارتفاعی بالا با وجود تنوع گونه‌ای چوبی



شکل ۳- رابطه تنوع گونه‌های چوبی، خشکیدگی و خصوصیات خاک در جهت شمالی بر اساس آنالیز مؤلفه‌های اصلی. pH: اسیدیته خاک؛ EC: شوری خاک؛ BD: جرم مخصوص ظاهری خاک؛ Ntot: نیترژن کل خاک؛ SOC: کربن آلی؛ WC: رطوبت اشباع خاک؛ Clay: درصد رس؛ Sand: درصد شن؛ Silt: درصد سیلت؛ TNV: آهک؛ DI: خشکیدگی؛ Shan: شاخص شانون وینر، Mean: شاخص منهنیک، Equ: یکنواختی.

رس ($R=0/886$ و $P\text{-value} < 0/001$)، درصد شن ($R=0/856$ و $P\text{-value} < 0/001$)، شوری ($R=0/830$ و $P\text{-value} < 0/001$)، کربن آلی ($R=0/752$ و $P\text{-value} < 0/001$) و نیترژن ($R=0/747$ و $P\text{-value} < 0/001$) نشان داد (جدول ۵).

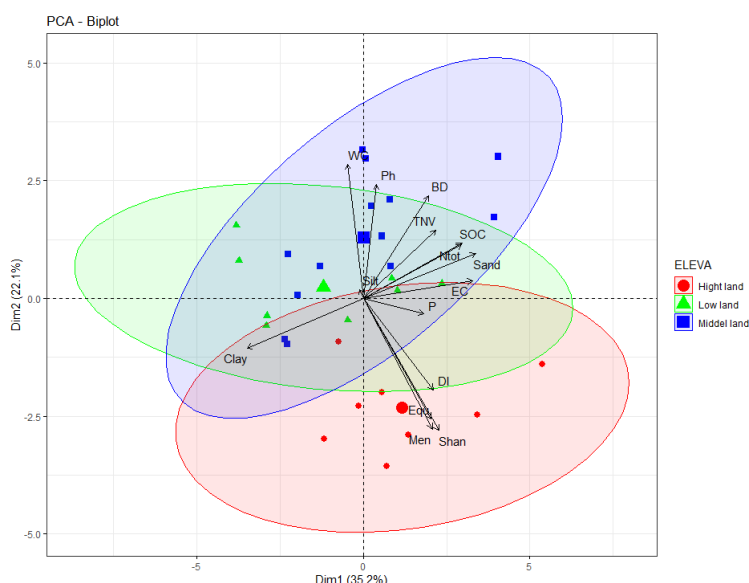
رابطه شاخص‌های تنوع زیستی با عوامل محیطی و خشکیدگی درختان در جهت شرقی بر اساس نتایج، محور اول (محورهای اول و دوم، به دلیل دارا بودن بیشترین ارزش ویژه (۳۵/۲) با درصد تبیین واریانس (۲۲/۱) بودند) بیشترین همبستگی را با درصد

$R=0/492$ و خشکیدگی ($P\text{-value}=0/001$ و $R=0/552$) و $P\text{-value}=0/006$ ، داشت (جدول ۵).
براساس نتایج، در جهت شرقی طبقه ارتفاعی بالا از دو طبقه میانی و پایین تفکیک شده است. خشکیدگی بالا و تنوع، غنا و یکنواختی بالا و نیز سطح عناصر غذایی و رطوبت کمتر خاک مهم‌ترین خصوصیات این موقعیت دامنه شرقی است (شکل ۴).

محور دوم بیشترین همبستگی را با رطوبت اشباع ($R=0/721$ و $P\text{-value} < 0/001$)، شاخص شانون-وینر ($R=0/712$ و $P\text{-value} < 0/001$)، شاخص غنای منهنیک ($R=0/703$ و $P\text{-value} < 0/001$)، یکنواختی ($R=0/649$ و $P\text{-value} < 0/001$)، pH، جرم مخصوص ظاهری ($R=0/611$ و $P\text{-value}=0/000$)

جدول ۵- همبستگی متغیرهای مورد بررسی با محورهای اول و دوم PCA

محور ۲			محور ۱		
p.value	ضریب همبستگی	متغیر	p.value	ضریب همبستگی	متغیر
< 0/001	0/7211181	رطوبت اشباع (/.)	< 0/001	0/1856	شن (/.)
0/000	0/6117451	pH	< 0/001	0/8309021	شوری (ds/m)
0/001	0/5523789	جرم مخصوص ظاهری (g/cm^3)	< 0/001	0/7526764	کربن آلی (/.)
0/006	0/4921244	خشکیدگی	< 0/001	0/7478158	نیتروژن (/.)
< 0/001	0/6493483	یکنواختی	0/001	0/5746159	شاخص شانون- وینر
< 0/001	0/7039899	شاخص منهنیک	0/001	0/5523312	آهک (/.)
< 0/001	0/7125487	شاخص شانون- وینر	0/003	0/5324141	خشکیدگی
			0/003	0/5249894	شاخص منهنیک
			0/004	0/5117127	یکنواختی
			0/005	0/4981649	جرم مخصوص ظاهری (g/cm^3)
			0/012	0/4589026	فسفر (mg/kg)
			< 0/001	0/18863105	رس (/.)



شکل ۴- رابطه تنوع گونه‌های چوبی، خشکیدگی و خصوصیات خاک در جهت شرقی بر اساس آنالیز مؤلفه‌های اصلی. pH: اسیدیته خاک؛ EC: شوری خاک؛ BD: جرم مخصوص ظاهری خاک؛ Ntot: نیتروژن کل خاک؛ SOC: کربن آلی؛ WC: رطوبت اشباع خاک؛ Clay: درصد رس؛ Sand: درصد شن؛ Silt: درصد سیلت؛ TNV: آهک؛ DI: خشکیدگی؛ Shan: شاخص شانون وینر، Mean: شاخص منهنیک، Equ: یکنواختی.

بحث

نتایج این تحقیق نشان داد که ارتفاع از سطح دریا و جهت دامنه بر خصوصیات خاک، تنوع گونه‌های چوبی و میزان خشکیدگی درختان اثر معنی‌داری داشته است. به طوری که pH خاک تحت تأثیر جهت جغرافیایی و اثر متقابل جهت و ارتفاع از سطح دریا قرار گرفته است. جهت جغرافیایی یک متغیر کلیدی تأثیرگذار بر رطوبت رویشگاه است [۵۴]. دامنه‌های شمالی اشعه خورشیدی کمتری را دریافت کرده و بنابراین رطوبت خاک بیشتری را در مقایسه با سایر جهت‌ها دارند [۶].

در مطالعه‌ای نیز اثرات جهت دامنه بر اسیدیته خاک تأیید شده است [۲۶] که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. بالاترین میزان pH خاک در طبقه ارتفاعی ۱۳۴۰-۱۴۴۰ و ۱۴۴۰-۱۵۴۰ متر از سطح دریا در جهت شرقی و کمترین میزان آن در ارتفاع بیشتر از ۱۵۴۰ متر از سطح دریا در هر دو جهت شمالی و شرقی مشاهده شد. در ارتفاعات بالاتر بارندگی افزایش یافته و در نتیجه فرآیند دی‌کلاسیفیکیشن افزایش و شستشوی آهک افزایش و میزان pH خاک کاهش می‌یابد [۵۵].

جهت دامنه بر میزان ماده‌آلی خاک نیز تأثیرگذار بود. به طوری که میزان ماده‌آلی در جهت شمالی بیشتر از جهت‌های شرقی بود. در شیب‌های شمالی به دلیل مساعد بودن شرایط محیطی مانند رطوبت بیشتر و دمای کمتر، امکان تولید ماده‌آلی خاک بیشتر است [۳۶]. در تحقیقی مشابه بیان شده است که خاک دامنه شمالی نسبت به جنوبی دارای میزان کربن آلی بیشتری است [۱۸]. در مطالعه‌ای، کمتر بودن ماده‌آلی خاک در جهت جنوبی نسبت به جهت شمالی بیان شده و تأکید شده است که جهت‌های شرقی همانند جهت‌های جنوبی میزان نور و انرژی گرمایی بیشتری نسبت به دامنه‌های شمالی دریافت می‌کنند [۷].

بر اساس نتایج تحقیق، بیشترین میزان نیتروژن کل در طبقات ارتفاعی ۱۴۴۰-۱۵۴۰ و بیشتر از ۱۵۴۰ متر از سطح دریا در جهت شمالی و کمترین میزان آن در طبقه ارتفاعی ۱۳۴۰-۱۴۴۰ از سطح دریا در جهت شرقی بود. در دامنه‌های شمالی و در ارتفاعات بالاتر به علت رطوبت بیشتر و شرایط مناسب‌تر دمایی تراکم درختان بیشتر

[۲۹] و در نتیجه تولید لاشبرگ زیادتر و میزان نیتروژن خاک بیشتر شده است [۴۹]. از طرفی ارتباط مثبت نیتروژن خاک با ماده‌آلی خاک در پژوهش [۱۶]، دیده شده است.

میزان فسفر خاک در مطالعه حاضر تحت تأثیر جهت و اثر متقابل جهت و ارتفاع قرار گرفت. به طوری که مقدار فسفر در جهت شمالی و در طبقه ارتفاعی ۱۵۴۰-۱۴۴۰ از سطح دریا بیشترین میزان و در جهت شرقی و طبقه ارتفاعی ۱۳۴۰-۱۴۴۰ از سطح دریا کمترین میزان را داشت که می‌تواند به دلیل بیشتر بودن مقدار لاشبرگ در جهت‌های شمالی باشد که به عنوان منبع اصلی ماده‌آلی بر مقدار فسفر اثرگذار است [۴۹]. یکی دیگر از دلایل بیشتر بودن میزان فسفر در جهات شمالی به رطوبت بیشتر خاک در جهت شمالی ارتباط دارد که امکان بهتری را برای روابط آبی از خاک به گیاه فراهم کرده و تبادلات عناصر غذایی را میسر می‌کند.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که شاخص‌های تنوع شانون وینر و سیمپسون و غنای گونه‌های چوبی در جهت شمالی و طبقات ارتفاعات میانی و بالا بیشتر از طبقه ارتفاعی پایین بود که می‌تواند به علت ترکیب مناسب و مطلوب منابع محیطی در ارتفاعات میانی و مناسب بودن شرایط و تنوع میکروتوپوگرافی‌ها برای تجمع گونه در این طبقه ارتفاعی باشد [۲۳]. تغییرات در شرایط تأثیرگذار رویشگاه مانند نور، دما، رطوبت، عناصر غذایی خاک در امتداد گرادیان ارتفاعی با ایجاد ناهمگنی در سطح سیمای سرزمین می‌تواند بر نیاز رویشگاهی گونه‌های گیاهی تأثیر بگذارد و باعث تنوع مکانی و تغییرات رشد و فراوانی گونه‌های مختلف گیاهی شود و در نتیجه ترکیب و تنوع گونه‌های گیاهی را تغییر دهد [۴۸].

نتایج تحقیق حاضر از این نظر با یافته‌های سایر محققان انطباق دارد [۱۲، ۶۲] که تنوع بالاتر گونه‌های چوبی را در موقعیت‌های بالایی دامنه گزارش دادند. وجود گونه‌های چوبی مختلف در ارتفاعات بالاتر در مجاورت سنگ‌ها به استقرار و قدرت ریشه‌زایی بیشتر آن‌ها در شیب‌های تند با خاک کم عمق مربوط می‌شود. در واقع، میکروتوپوگرافی متنوع و ناهمگن در ارتفاعات، موقعیت‌های اکولوژیکی متنوعی را برای استقرار گونه‌های گیاهی در

مناطق خشک و نیمه‌خشک ایجاد می‌کند و در نتیجه تنوع گونه‌های چوبی را افزایش می‌دهد [۴۱].

همچنین سابقه فعالیت‌ها و تخریب‌های انسانی کمتر در ارتفاعات بالاتر و مساعده‌بودن شرایط دمایی در این ارتفاع نیز از دلایل بالاتر بودن تنوع در ارتفاعات بالاتر می‌باشد [۴۵]. در مطالعاتی به این نتیجه رسیدند که با افزایش ارتفاع از سطح دریا، تنوع و غنای گونه‌ای به طور معنی‌دار افزایش می‌یابد [۴۰ و ۱۵]. همچنین، نتایج، نشان از بالابودن شاخص‌های تنوع در جهت شمالی نسبت به شرقی را داشت. اختلاف تنوع در دو جهت شمالی و شرقی، می‌تواند به دلیل نیاز رطوبتی مختلف گونه‌های چوبی باشد. که با نتایج پژوهشی در منطقه دودانگه [۳]، مشابه است.

بر اساس نتایج، بیشترین شدت خشکیدگی در طبقه ارتفاعی بالاتر از ۱۵۴۰ متر در دو جهت شمالی و شرقی وجود داشت. کمترین درصد خشکیدگی نیز در طبقه ارتفاعی ۱۴۴۰-۱۵۴۰ متر از سطح دریا در دو جهت شمالی و شرقی و ارتفاع ۱۳۴۰-۱۴۴۰ متر از سطح دریا در جهت شمالی وجود داشت. به نظر می‌رسد خشکیدگی در این منطقه بیشتر متأثر از ارتفاع از سطح دریا بوده است. به طور کلی، می‌توان گفت که کمترین درصد خشکیدگی نیز در ارتفاع میانی و در جهت شمالی وجود داشت که علت این مسئله را می‌توان بهتر بودن شرایط محیطی از نظر دما و رطوبت در دامنه‌های شمالی نسبت به سایر دامنه‌ها دانست. کمتر بودن میزان خشکیدگی در جهت‌های شمالی در مطالعات [۳۳] و [۲۷] نیز مشاهده شده است.

بیشترین میزان خشکیدگی درخت بلوط در توده‌های جنگلی با شاخص آمیختگی بالاتر (تنوع بیشتر) در مناطق نیمه‌خشک زاگرس گزارش شده است [۳۴]. در این راستا، نتایج این تحقیق نشان داد که مناطقی که درصد خشکیدگی بیشتری داشتند، از تنوع گونه‌ای بیشتری نیز برخوردار بودند. درختان غالب (بلوط) در موقعیت‌های پایین دامنه تاج بزرگ‌تری دارند. این پایه‌ها معمولاً ریشه‌های توسعه‌یافته‌تری دارند و دسترسی بهتری به عناصر غذایی و رطوبت ایجاد می‌کنند. این خصوصیات مقاومت آن‌ها را در برابر تنش‌های محیطی مانند خشکی

بالا می‌برد. مطالعات دیگر نشان داد که درختان با ابعاد کوچک در معرض خطر زوال هستند [۲۵ و ۴۷] که با نتایج این مطالعه مبنی بر زوال بیشتر گونه‌های چوبی کوچک‌تر (درختچه‌ای) موقعیت‌های بالابند انطباق دارد. براساس آنالیز مؤلفه‌های اصلی در جهت شرقی، طبقه ارتفاعی بالا از دو طبقه میانی و پایین بر اساس خصوصیات خاکی، تنوع گونه‌ای و میزان خشکیدگی تفکیک شده است. خشکیدگی بالا و تنوع، غنا و یکنواختی بالا و نیز سطح عناصر غذایی و رطوبت کمتر خاک، مهم‌ترین خصوصیات طبقه ارتفاعی میان‌بند دامنه شرقی است.

در طبقه ارتفاعی بالای جهت شمالی، با وجود تنوع گونه‌ای چوبی بیشتر، میزان خشکیدگی بالاتری وجود دارد. آهک، جرم مخصوص ظاهری و pH بالا و رطوبت اشباع پایین، مهم‌ترین خصوصیات خاکی این طبقه هستند. درحالی‌که در طبقه ارتفاعی پایین، یکنواختی گونه‌ای بیشتری دارد. به عبارتی، تنوع بالاتر در طبقه ارتفاعی بالا، غنای گونه‌ای بیشتر این موقعیت دامنه شمالی است. بنابراین می‌توان بیان کرد در هر دو جهت دامنه، خشکیدگی بلوط با الگوی مشابه در ارتفاع بالاتر بیشتر بوده است یعنی موقعیتی که در هر دو دامنه رطوبت اشباع کمتر و تنوع گونه‌های چوبی بیشتری داشته‌اند.

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تغییرات خصوصیات خاک (به‌ویژه عناصر غذایی و رطوبت خاک) ارتباط نزدیکی با عوامل توپوگرافی یعنی جهت دامنه و تغییرات ارتفاع از سطح دریا در این منطقه جنگلی نیمه‌خشک دارد. تنوع گونه‌های چوبی و خشکیدگی نیز تحت تأثیر عوامل توپوگرافی (جهت دامنه و ارتفاع از سطح دریا) قرار داشتند. خصوصیات اداپتیکی، تنوع گونه‌های چوبی و میزان خشکیدگی در تفکیک طبقه ارتفاعی بالا از دو طبقه میانی و پایین تفکیک مؤثر بود. خشکیدگی بالا و تنوع، غنا و یکنواختی بالا و نیز سطح عناصر غذایی و رطوبت کمتر خاک مهم‌ترین خصوصیات موقعیت بالابند دامنه شرقی بودند.

در جهت شمالی نیز طبقه ارتفاعی بالا با وجود تنوع گونه‌ای چوبی بیشتر، میزان خشکیدگی بالایی دارد. آهک

در جهت‌های شمالی بیشتر از جهت‌های جنوبی بودند. کمترین میزان خشکیدگی درختان بلوط نیز در جهت‌های شمالی و شرقی و در ارتفاعات میانی می‌تواند به شرایط بهتر ادافیکی (عناصر غذایی در دسترس رطوبت) این موقعیت ارتباط داشته باشد. توصیه می‌شود موقعیت‌های با میزان خشکیدگی بیشتر (ارتفاعات بالا) در اولویت حفاظت، احیا و عملیات‌های پرورشی مرتبط با کنترل این پدیده قرار گیرند. همچنین پروژه‌های نهالکاری و غنی‌سازی توده‌های آسیب‌دیده در این موقعیت‌ها در اولویت قرار گیرد.

و جرم مخصوص ظاهری و pH بالا و رطوبت اشباع پایین مهم‌ترین خصوصیات ادافیکی این موقعیت هستند. درحالی‌که ارتفاع پایین یکنواختی گونه‌ای بیشتری دارد. به عبارتی، عامل تنوع بالاتر در ارتفاع بالا، غنای گونه‌ای بیشتر این موقعیت دامنه شمالی است. بنابراین می‌توان بیان کرد در هر دو جهت دامنه، خشکیدگی بلوط با الگوی مشابه در ارتفاع بالاتر بیشتر بوده است و در هر دو دامنه رطوبت اشباع کمتر و تنوع گونه‌های چوبی بیشتر از مهم‌ترین عوامل تبیین‌کننده افزایش شدت خشکیدگی بوده است. به طوری‌که با افزایش ارتفاع از سطح دریا تنوع گونه‌ای افزایش و میزان خشکیدگی بیشتر شد. همچنین خصوصیات خاک شامل نیتروژن، فسفر، کربن آلی، رطوبت

References

- [1]. Amir Ahmadi, B., Zolfaghari, R., & Mirzaei, M. R. (2015). Relation between Dieback of *Quercus brantii* Lindl. Trees with Ecological and Sylvicultural Factors, (Study Area: Dena Protected Area). *Ecology of Iranian Forests*, 3(6), 19-27. [in Farsi]
- [2]. Armenteras, D., Dávalos, L.M., Barreto, J.S., Miranda, A., Hernández-Moreno, A., Zamorano-Elgueta, C., González-Delgado, T.M., Meza-Elizalde, M.C., & Retana, J. (2021). Fire-induced loss of the world's most biodiverse forests in Latin America, *Science Advances*, 7(33), eabd3357. doi: 10.1126/sciadv.abd3357
- [3]. Atashgahi, Z., Ejtehadi, H., & Zare, H. (2015). Plant species diversity in relation to topography in the east of Dodangeh forests, Mazandaran province, Iran. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 28(1), 1-11. [in Farsi]
- [4]. Auclair, A. N. D., Heilman, W. E., & Brinkman, B. (2010). Predicting forest dieback in Maine, USA: a simple model based on soil frost and drought, *Canadian journal of forest research*, 40(4), 687-702. doi: 10.1139/X10-023
- [5]. Azim Nejad, Z., Badehian, Z., Rezaei Nejad, A. & Bazot, S. (2021). Do soil properties and ecophysiological responses of oak (*Quercus brantii* Lindl.) correlate with the rate of dieback, *Trees*, 35(5), 1639-1650. doi: 10.1007/s00468-021-02142-7
- [6]. Badano, E. I., Cavieres, L. A., Molina-Montenegro, M. A., & Quiroz, C. L. (2005). Slope aspect influences plant association pattern in the Mediterranean natural of central Chile, *Journal of Arid Environments*, 62(1), 93-108. doi: 10.1016/j.jaridenv.2004.10.012
- [7]. Bayat, H., Sheklabadi, M., Moradhaseli, M., & Ebrahimi, E. (2017). Effects of slope aspect, grazing, and sampling position on the soil penetration resistance curve, *Geoderma*, 303, 150-164. doi: 10.1016/j.geoderma.2017.05.003
- [8]. Bhatt, R. P. (2023). Achievement of SDGS globally in biodiversity conservation and reduction of greenhouse gas emissions by using green energy and maintaining forest cover. *GSC Advanced Research and Reviews*, 17(3), 1-21. doi: 10.30574/gscarr.2023.17.3.0421
- [9]. Bouyoucos, G. J. (1962). Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils, *Agronomy Journal*, 54, 464-465. doi: 10.2134/agronj1962.00021962005400050028x
- [10]. Chakraborty, T., Saha, S., Matzarakis, A., & Reif, A. (2017). Influence of multiple biotic and abiotic factors on the crown die-back of European beech trees at their drought limit. *Flora*, 229, 58-70. doi: 10.1016/j.flora.2017.02.012
- [11]. Conforti, M., Longobucco, T., Scarciglia, F., Niceforo, G., Matteucci, G., & Buttafuoco,

- G. (2020). Interplay between soil formation and geomorphic processes along a soil catena in a Mediterranean mountain landscape: an integrated pedological and geophysical approach. *Environmental Earth Sciences*, 79, 1-16. doi: 10.1007/s12665-019-8802-2
- [12]. Cui, W., & Zheng, X.-X. (2016). Spatial Heterogeneity in Tree Diversity and Forest Structure of Evergreen Broadleaf Forests in Southern China along an Altitudinal Gradient. *Forests*, 7(10), 216. doi: 10.3390/f7100216
- [13]. Dallahi, Y., Boujraf, A., Meliho, M., & Orlando, C.A. (2023). Assessment of forest dieback on the Moroccan Central Plateau using spectral vegetation indices. *Journal of Forestry Research*, 34(3), 793-808. doi: 10.1007/s11676-022-01525-x
- [14]. Denman, S., Brown, N., Kirk, S., Jeger, M., & Webber, J. (2014). A description of the symptoms of Acute Oak Decline in Britain and a comparative review on causes of similar disorders on oak in Europe. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 87(4), 535-551. doi: 10.1093/forestry/cpu010
- [15]. Dezhem Khoi, M. (2014). *The effect of some physiographic factors on tree and shrub diversity in Zardlan region of Ilam province* [MSc dissertation, Islamic Azad University of Ilam branch]. [in Farsi]
- [16]. Dong, J., Zhou, K., Jiang, P., Wu, J., & Fu, W. (2021). Revealing horizontal and vertical variation of soil organic carbon, soil total nitrogen and C:N ratio in subtropical forests of southeastern China. *Journal of Environmental Management*, 289, 112483. doi: 10.1016/j.jenvman.2021.112483
- [17]. Fan, B., Tao, W., Qin, G., Hopkins, I., Zhang, Y., Wang, Q., Lin, H., & Guo, L. (2020). Soil micro-climate variation in relation to slope aspect, position, and curvature in a forested catchment. *Agricultural and Forest Meteorology*, 290, 107999. doi: 10.1016/j.agrformet.2020.107999
- [18]. Farokhzadeh, B., Ghasemi, B., Ataeian, B., & Akhzari, D. (2023). Effective Physiological parameters and some physio-chemical parameters on soil organic carbon storage in Gonbad rangelands, *Journal of Rangeland*, 16(4), 846-859. [in Farsi]
- [19]. Gao, Y., Skutsch, M., Paneque-Gálvez, J., & Ghilardi, A. (2020). Remote sensing of forest degradation: a review. *Environmental Research Letters*, 15(10), 103001. doi: 10.1088/1748-9326/abaad7
- [20]. Ghadirian, O., Hemami, M. R., Soffianian, A., Pourmanaphi, S., Malekian, M., & Tarkesh, M. (2018). Probabilistic prediction of forest decline in Lorestan province using a combined modeling approach. *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 15(2), 131-146. [in Farsi]
- [21]. Gheitury, M., Heshmati, M., Noroozi, A., Ahmadi, M., & Parvizi, Y. (2020). Monitoring mortality in a semiarid forest under the influence of prolonged drought in Zagros region. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17(11), 4589-4600. doi: 10.1007/s13762-020-02638-8
- [22]. Hamzhepour, M., Kia-daliri, H., & Bordbar, K. (2011). Preliminary study of manna oak (*Quercus brantii* Lindl.) tree decline in Dashte-Barm of Kazeroon, Fars province, *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 19(2), 352-363. doi: 10.22092/ijfpr.2011.107578 [in Farsi]
- [23]. Heydari, M., Cheraghi, J., Omidipour, R., Mirab-balou, M., & Pothier, D. (2021). Beta diversity of plant community and soil mesofauna along an elevational gradient in a mountainous semi-arid oak forest. *Community Ecology*, 22, 165-176. doi: 10.1007/s42974-021-00046-7
- [24]. Hosseini, A. (2014). Effects of some of Persian oak tree and stand characteristics on crown dieback rate in oak forests of medium Zagros. *Journal of Zagros Forests Researches*, 1(1), 37-50. [in Farsi]
- [25]. Hosseini, A., Hosseini, S.M., & Linares, J.C. (2017). Site factors and stand conditions associated with Persian oak decline in zagros mountain forests. *Forest systems*, 26(3), e014. doi: 10.5424/fs/2017263-11298 [in Farsi]
- [26]. Hosseini, A., Matinizadeh, M., Pourhashemi, M., & Asgari, S. (2021). Effect of slope aspect and crown dieback intensity on leaf and soil nutrient status in Persian oak stands, *Quercus brantii* Lindl. (Case study, Melah-Siah forests, Ilam province). *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 19(2), 354-367. doi: 10.22092/ijfpr.2021.354903.1494 [in Farsi]

- [27]. Hosseinzadeh, J., & Pourhashemi, M. (2015). An investigation on the relationship between crown indices and the severity of oak forests decline in Ilam. *Iranian Journal of Forest*, 7(1), 55-66. [in Farsi]
- [28]. Jafari Haghighi, M. (2003). *Soil analysis methods: sampling and important physical and chemical analyzes with emphasis on theoretical and practical principles*, Nedaye Zoha press. [in Farsi]
- [29]. Jafareiyani, N., Mirzaei, J., Moradi, M., & Heydari, M. (2017). Environmental characteristics and ordination of woody plant species and their relation with environmental factors in Ilam forest. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 24(3), 81-94. doi: 10.22069/jwfst.2017.13123.1673 [in Farsi]
- [30]. Jiang, P., & Thelen, K. D. (2004). Effect of soil and topographic properties on crop yield in a North-central corn-soybean cropping system, *Agronomy Journal*, 96(1), 252-258. doi: 10.2134/agronj2004.0252
- [31]. Jucker, T., Bongalov, B., Burslem, D.F., Nilus, R., Dalponte, M., Lewis, S.L., Phillips, O.L., Qie, L., & Coomes, D.A. (2018). Topography shapes the structure, composition and function of tropical forest landscapes, *Ecology letters*, 21(7), 989-1000. doi: 10.1111/ele.12964
- [32]. Kalra, Y. P., & Maynard, D. G. (1991). *Methods Manual for Forest Soil and Plant Analysis*, Information Report NOR-X-319, Forestry Canada.
- [33]. Karami, J., Kavosi, M., & Babanezhad, M. (2015). Assessing the relationship between some environmental variables and spread of charcoal disease on chestnut-leaved oak (*Quercus castaneifolia* CA Mey). *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 13(1), 34-45. doi: 10.22092/ijfrpr.2015.102391 [in Farsi]
- [34]. Karami, M., Sheykhholeslami, A., Heydari, M., Nimvari, M.E., Omidipour, R., & Prevosto, B. (2022). Taxonomic and structural diversity indices predict soil carbon storage better than functional diversity indices along a dieback intensity gradient in semi-arid oak forests. *Trees*, 36, 537-551. doi: 10.1007/s00468-021-02227-3
- [35]. Lakkana, T., Ashton, M.S., Hooper, E.R., Perera, A., & Ediriweera, S. (2022). Tropical montane forest in South Asia: Composition, structure, and dieback in relation to soils and topography, *Ecosphere*, 13(5), e4049. doi: 10.1002/ecs2.4049
- [36]. Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration to mitigate climate change, *Geoderma*, 123(1-2), 1-22. doi: 10.1016/j.geoderma.2004.01.032
- [37]. Magurran, A. E., & McGill, B. J. (2011). *Biological Diversity: Frontiers in Measurement and Assessment*, Oxford University Press.
- [38]. Mazzei, A., Bonacci, T., Horák, J., & Brandmayr, P. (2018). The role of topography, stand and habitat features for management and biodiversity of a prominent forest hotspot of the Mediterranean Basin: Saproxylic beetles as possible indicators, *Forest Ecology and Management*, 410, 66-75. doi: 10.1016/j.foreco.2017.12.039
- [39]. Mirhashemi, H., Heydari, M., Karami, O., Ahmadi, K., & Mosavi, A. (2023). Modeling Climate Change Effects on the Distribution of Oak Forests with Machine Learning. *Forests*, 14(3), 469. doi: 10.3390/f14030469
- [40]. Mirjalili, A., Zarekia, S., & Jafarian Jeloudar, Z. (2021). Effect of topographic on species richness and diversity in desert and arid rangelands (Case study: Tang_e Laybid rangelands of Yazd). *Management of Natural Ecosystems*, 1(1), 26-36. doi: 10.22034/emj.2021.248918 [in Farsi]
- [41]. Mirzaei, J., Heydari, M., & Prévosto, B. (2017). Effects of vegetation patterns and environmental factors on woody regeneration in semi-arid oak-dominated forests of western Iran, *Journal of Arid Land*, 9, 368-378. doi: 10.1007/s40333-017-0013-7
- [42]. Oliver, P. A. T. (2015). Patterns of shrub diversity and tree regeneration across topographic and stand-structural gradients in a Mediterranean forest, *Forest systems*, 24(1), e-011. doi: 10.5424/fs/2015241-05887.
- [43]. Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanabe, F. S., & Dean, L. A. (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate, *Circular (USDA)*, 939, 1-19.
- [44]. Pavlov, I. N. (2015). Biotic and abiotic factors as causes of coniferous forests dieback in Siberia and Far East. *Contemporary problems of ecology*, 8, 440-456. doi: 10.1134/S1995425515040125

- [45]. Pourbabaei, H., & Haghgooy, T. (2013). Effect of physiographical factors on tree species diversity (case study: Kandelat Forest Park). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21(2), 243-255. doi: 10.22092/ijfpr.2013.3855 [in Farsi]
- [46]. Salehi, A., Zarinkafsh, M., Zahedi Amiri, G., & Marvi Mohajer, R. (2005). A Study of Soil Physical and Chemical Properties in Relation to Tree Ecological Groups in Nam-Khaneh District Of Kheirood-Kenar Forest. *Iranian Journal of Natural Resources*, 58(3), 567-578. [in Farsi]
- [47]. Scott, P.M., Shearer, B.L., Barber, P.A. & Hardy, G.S.J. (2013). Relationships between the crown health, fine root and ectomycorrhizae density of declining *Eucalyptus gomphocephala*. *Australasian Plant Pathology*, 42(2), 121-131. doi: 10.1007/s13313-012-0152-4
- [48]. Sharma, N., & Kala, C. P. (2022). Patterns in plant species diversity along the altitudinal gradient in Dhauladhar mountain range of the North-West Himalaya in India. *Trees, Forests and People*, 7, 100196. doi: 10.1016/j.tfp.2022.100196
- [49]. Shahooei, S. (Trans.) (2006). The Nature and Properties of Soils, 13th Edition (R. R. Weil & N. C. Brady), (Original work published 2002). University of Kurdistan Press. [in Farsi]
- [50]. Shi, W. Y., Du, S., Morina, J. C., Guan, J. H., Wang, K. B., Ma, M. G., Yamanaka, N., & Tateno, R. (2017). Physical and biogeochemical controls on soil respiration along a topographical gradient in a semiarid forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 247, 1-11. doi: 10.1016/j.agrformet.2017.07.006
- [51]. Shiravand, H., & Hosseini, S. A. (2020). A new evaluation of the influence of climate change on Zagros oak forest dieback in Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, 141, 685-697. doi: 10.1007/s00704-020-03226-z
- [52]. Sire, L., Yáñez, P.S., Wang, C., Bézier, A., Courtial, B., Cours, J., Fontaneto, D., Larrieu, L., Bouget, C., Thorn, S. & Müller, J. (2021). Climate-induced forest dieback drives compositional change in insect communities that is concentrated amongst rare species, *bioRxiv*. doi: 10.1101/2021.04.21.440751
- [53]. Spracklen, D. V., & Coelho, C. A. S. (2023). Modeling early warning signs of possible Amazon Forest dieback. *Science Advances*, 9(40). doi: 10.1126/sciadv.adk5670
- [54]. Stephenson, N. L. (1990). Climatic control of vegetation distribution: The role of water balance. *American Naturalist*, 135, 649-670. doi: 10.1086/285067
- [55]. Taghipour, F., Emadi, S. M., Qajar Spanalo, M., & Danesh, M. (2017, November). Investigating the effect of altitude changes on the properties of paddy soils in the east of Mazandaran province, The 18th National Rice Conference. Sari 6 p. 28 and 29, [in Farsi]
- [56]. Taheri Abkenar, K., Sedighi, F., & mahmoudi, S. (2014). Study of carpinus betulus dieback distribution using topographic factors. *Environmental Resources Research*, 1(2), 181-189. doi: 10.22069/ijerr.2014.1693 [in Farsi]
- [57]. Tiwari, O. P., Sharma, C. M., & Rana, Y. S. (2020). Influence of altitude and slope-aspect on diversity, regeneration and structure of some moist temperate forests of Garhwal Himalaya. *Tropical Ecology*, 61, 278-289. doi: 10.1007/s42965-020-00088-4
- [58]. Touhami, I., Chirino, E., Aouinti, H., El Khorchani, A., Elaieb, M.T., Khaldi, A., & Nasr, Z. (2020). Decline and dieback of cork oak (*Quercus suber* L.) forests in the Mediterranean basin: A case study of Kroumirie, Northwest Tunisia. *Journal of Forestry Research*, 31(2), 1461-1477. doi: 10.1007/s11676-019-00974-1
- [59]. Tsui, C. C., Chen, Z. S., & Hsieh, C. F. (2004). Relationships between soil properties and slope position in a lowland rain forest of southern Taiwan. *Geoderma*, 123(1-2), 131-142. doi: 10.1016/j.geoderma.2004.01.031
- [60]. Valtera, M., Šamonil, P., Svoboda, M., & Janda, P. (2015). Effects of topography and forest stand dynamics on soil morphology in three natural *Picea abies* mountain forests. *Plant and Soil*, 392, 57-69. doi: 10.1007/s11104-015-2442-4
- [61]. Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An Examination of the Degetiareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid

- titration method. *Soil Science*, 37, 29-38. dx.doi: 10.1097/00010694-193401000-00003
- [62]. Woldu, G., Solomon, N., Hishe, H., Gebrewahid H., Gebremedhin, M. A., & Birhane E. (2020). Topographic variables to determine the diversity of woody species in the exclosure of Northern Ethiopia. *Heliyon*, 6(1), e03121. doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e03121
- [63]. Zand, M., Miri, M., Razie, T., & Norouzi, A. A. (2021). Investigating the effects of meteorological drought on canopy level dieback of oak forests of Lorestan Province, western Iran. *Journal of Climate Research*, 12(46), 1-16 [in Farsi]
- [64]. Zhang, J., Fu, B., Stafford-Smith, M., Wang, S., & Zhao, W. (2021). Improve forest restoration initiatives to meet Sustainable Development Goal 15. *Nature Ecology & Evolution*, 5(1), 10-13. doi: 10.1038/s41559-020-01332-9

Evaluation of oak decline in relation to the diversity of woody species, soil properties and physiographic factors in southern Zagros forests (Research Paper)

- 1- Mohamad Jafari, M.Sc. in Forestry, Department of Forestry, Faculty of Agriculture, University of Ilam, Ilam, Iran.
- 2- Abdolali Karamshahi*, Associate professor, Department of Forestry, Faculty of Agriculture, University of Ilam, Ilam, Iran.
a.karamshahi@ilam.ac.ir
- 3- Mehdi Heydari, Associate professor, Department of Forestry, Faculty of Agriculture, University of Ilam, Ilam, Iran.
- 4- Javad Mirzaei, Associate professor, Department of Forestry, Faculty of Agriculture, University of Ilam, Ilam, Iran.
- 5- Nahid Jafarian, Assistant professor, Research Division of forests, Rangelands and Watershed, Ilam Agricultural and Natural Resources Research Center (AREEO), Ilam, Iran.

Received: 31 Mar. 2024

Accepted: 06 Jul. 2024

Abstract

The study aimed to investigate the decline of oak in relation to the woody species diversity, soil characteristics and physiographic factors in Bankol region of Ilam province. This study was carried out in two aspects of the northern and eastern slopes and in three altitude classes (1340-1440, 1440-1540 and > 1540 m above sea level) with circular sample plots of 1000 m². In the sample plots, the diversity of wood species and the dieback percentage of oak were determined. Soil samples were taken from the depth of 0 to 30 cm. The effect of topographic factors on soil properties, species diversity and dieback rate was investigated using two-way analysis of variance and comparing the means of Duncan's multi-range test. Principal Component Analysis (PCA) was used to investigate the relationship between diversity indices, soil characteristics and dieback intensity along the elevation classes in each aspect. The results showed that elevation and aspect have a significant effect on soil properties, woody species diversity and dieback intensity. Based on the results, the amount of organic matter was higher on the north aspect than on the east aspect. The highest amount of total nitrogen recorded in 1440-1540 m and > 1540 m on the northern aspect and the lowest amount was in 1340-1440 m in the eastern aspect. The amount of soil phosphorus was highest in the northern aspect and at 1440-1540 m. Shannon-Weiner and Simpson's diversity indices and the richness of woody species were higher in the northern aspect and middle and high elevation classes than the low elevation class. The highest dieback intensity was observed at altitudes > 1540 m in both the northern (9.88%) and eastern (10.55%) aspects, and the lowest value was in the middle elevation on the northern and eastern aspects, and these situations should be prioritized for protection, restoration and silvicultural measures related to this phenomenon.

Keywords: Environmental factors, Aspect, Soil nutrients, Principal Component Analysis.