**آثار تاج­پوشش درختان بنه و ارژن بر برخی ویژگی­های خاک**

**منطقه جنگلی وزگ (استان کهگیلویه و بویراحمد)**

**حمیدرضا اولیایی1\*، ابراهیم ادهمی1 و سهراب الوانی­نژاد2**

**1 گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج**

**2 گروه جنگل، مرتع و آبخیز، دانشکده کشاورزی و منابع­طبیعی، دانشگاه یاسوج**

**\*مسئول مکاتبات، پست الکترونیک:** owliaie@gmail.com

**چکیده:**

**مقدمه و اهداف:** زیست­بوم زاگرس به‌عنوان یکی از مهم‌ترین زیست‌بوم‌های جنگلی ایران، نقش بنیادین در حفظ تعادل اکولوژیکی، صیانت از منابع آبی و پیشگیری از فرسایش خاک ایفا می‌کند. درختان بومی همچون بنه و ارژن به­واسطه ویژگی‌های خاص زیستی خود، نقش مؤثری در پایداری کیفیت خاک دارند. این پژوهش با هدف بررسی اثر تاج پوشش این گونه­ها بر برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و عناصر غذایی خاک زیرسایه‏انداز درمنطقه جنگلی وزگ یاسوج صورت گرفت.

**مواد و روش­ها:** طراحی پژوهش با استفاده از يك طرح فاكتوريل با 3 عمق (20-0 ، 40-20 و 60-40 سانتيمتري) ، 2 گونه (بنه و ارژن) و 2 فاصله از تنه (زیر سایه­انداز و خارج سایه­انداز) و در قالب طرح كاملاً تصادفي با 4 تكرار انجام گرديد. ویژگی­های فیزیکوشیمیایی و عناصر غذایی خاک با روش­های استاندارد اندازه­گیری شدند.

**یافته­ها:** بر اساس نتایج این پژوهش، تاج‌پوشش درختان بنه و ارژن در منطقه جنگلی وزگ، سبب تغییرات معناداری در بیشتر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و عناصر غذایی خاک شد. به استثنای بافت خاک، سایر ویژگی‌ها به‌طور معناداری تحت تأثیر تاج‌پوشش هر دو گونه قرار گرفت؛ به‌گونه‌ای که میزان کربنات کلسیم معادل، اسیدیته و مقدار مس کاهش یافته و کربن آلی، قابلیت هدایت الکتریکی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن و منگنز افزایش یافت. در میان عناصر بررسی‌شده، منگنز، نیتروژن و روی بیشترین تغییرات و فسفر، مس و پتاسیم کمترین تغییرات را تحت تأثیر تاج‌پوشش این گونه­ها نشان دادند. همچنین تأثیر درخت ارژن بر افزایش عناصر غذایی خاک بیشتر از درخت بنه بود.

**نتیجه­گیری:** به‌طور کلی، حضور این گونه‌ها تأثیرات مثبتی بر ویژگی­های خاک همچون کربن آلی و عناصر غذایی دارند و از بین رفتن آن‌ها، به‌ویژه در اثر تغییر کاربری اراضی، می‌تواند موجب افت چشمگیر کیفیت خاک و افزایش خطر فرسایش شود. همچنین نوع درخت و تاج­پوشش آن آثار متفاوتی بر ویژگی­های متفاوت خاک دارند.

**واژه­های کلیدی: تاج­پوشش درخت، تخریب جنگل، ذخیره­گاه جنگلی، عناصر غذایی خاک، کیفیت خاک**

**مقدمه:**

خاک یکی از ارکان اساسی بوم‌سازگان جنگل است که در تعامل با سایر عوامل، الگوی پراکنش پوشش جنگلی را تعیین می‌کند. در مقابل، درختان از طریق تاج‌پوشش خود با فراهم‌سازی مقادیر قابل توجهی ماده آلی با ترکیبات شیمیایی گوناگون، می‌توانند ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک و همچنین میزان عناصر غذایی آن را تحت تأثیر قرار دهند (Khanmohammadi and Matinizadeh, 2023). در این شرایط، شناخت دقیق روابط میان تاج‌پوش درختان و ویژگی‌های خاک می‌تواند بستری مناسب برای طراحی الگوهای مؤثر در احیای پایدار جنگل‌ها، اصلاح روش‌های کشت و ارتقای بهره‌برداری اصولی از منابع جنگلی فراهم سازد (Haidari et al., 2022). تاج‌پوش درختان با تنظیم شدت تابش نور، دمای سطح خاک، میزان تبخیر و تعرق و نفوذ بارش، نقشی اساسی در ایجاد ریزاقلیم و شرایط میکروزیستی زیر خود دارد. این شرایط به‌طور مستقیم فعالیت‌های زیستی، تجزیه مواد آلی و چرخه عناصر غذایی خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Breman and Kessler, 1995).

درختان نقش مهمی در تعیین ویژگی‌های خاک دارند و نوع گونه گیاهی نیز در این زمینه از اهمیت بالایی برخوردار است. گیاهان عناصر غذایی را از خاک جذب کرده و به اندام‌های هوایی خود منتقل می‌کنند. پس از ریزش برگ‌ها و شاخه‌ها بر سطح خاک و پوسیدگی آن‌ها، مواد آلی تشکیل می‌شوند و با تجزیه این مواد، عناصر غذایی موجود در آن‌ها آزاد می‌گردند(Amiotti et al., 2000) . بررسی رابطه میان ویژگی‌های خاک در دو موقعیت «زیر تاج پوشش» و «فضای باز» برای توده‌های درخت کُنار در منطقه ایذه نشان داد که میانگین کربن آلی خاک زیر تاج درختان، 5/23 درصد بیشتر از خاک بیرون از تاج است. همچنین، میزان پتاسیم قابل جذب، کربن و نیتروژن زیست‌توده میکروبی در خاک زیر تاج این درخت، به‌طور معناداری بیشتر از فضای بیرون از تاج بود (Bazgir et al., 2019). در پژوهشی دیگر Rostamizad et al. (2018) تأثیر تاج پوشش تک‌درختان بنه را بر ویژگی‌های شیمیایی خاک در منطقه سروآباد استان کردستان بررسی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که درصد کربن آلی خاک در ناحیه درون تاج نسبت به بیرون آن، از 71/6 به 73/4 درصد کاهش یافت. با این حال، میزان نیتروژن در خاک زیر تاج درختان (406/0 درصد) نسبت به خاک خارج از آن (224/0 درصد) بیشتر بود.

حضور تاج پوشش گیاهی باعث افزایش میزان ماده آلی خاک می‌شود که این ماده یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های کیفی خاک به‌شمار می‌رود. افزایش ماده آلی می‌تواند بر سایر ویژگی­های خاک از جمله قابلیت هدایت الکتریکی در نتیجه تجزیه و آزادسازی یون­ها، اسیدیته، میزان عناصر غذایی و ویژگی‌های هیدرولیکی آن تأثیرگذار باشد. بر طبق نظرات Buba (2015)‌ ویژگی‌های خاک در زیر سایه‌انداز گیاهان چندساله، تحت تأثیر تاج‌پوشش و فعالیت‌های گسترده‌تر ریشه‌ها قرار می‌گیرد. گیاهان از طریق ایجاد سایه، کاهش دمای سطح خاک و جلوگیری از برخورد مستقیم بارش، بر محیط پیرامون خود اثر می‌گذارند. این عوامل، با کاهش نفوذ مستقیم نور، بستری با کیفیت و کمیت متفاوت ایجاد می‌کنند که منجر به تغییر در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شود. Wilson and Thompson (2005) به بررسی توزیع عناصر غذایی در خاک سطحی نواحی زیر تاج و خارج از تاج درخت کهور یا مِسکویت (Mesquite) پرداختند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که میزان نیتروژن، کربن و همچنین غلظت فسفر قابل جذب در خاک زیر تاج این درخت به‌طور معناداری بیشتر از مناطق خارج از تاج است. همچنین، نتایج پژوهش Asadian et al. (2012) در طرح جنگل‌کاری منطقه الندان ساری نشان داد که در عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری خاک، بیشترین میزان نیتروژن کل، درصد رطوبت و میزان کربنات کلسیم معادل مربوط به توده درختی زبان‌گنجشک بوده است، در حالی که بیشترین نسبت کربن به نیتروژن و نیز درصد رس و سیلت در توده درختی کاج سیاه مشاهده شد. بر اساس یک مطالعه میدانی در شمال اتیوپی، گونه‌های درختی جنگلی تأثیر معنا­داری بر بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله کربن آلی، نیتروژن کل، فسفر در دسترس و پتاسیم تبادلی داشتند. از بین گونه­های مطالعه­شده، درخت گز آفریقایی (*Faidherbia albida*) بیشترین تأثیر را نشان داد. نتایج نشان داد که حضور درختان در اراضی زراعی می‌تواند حاصلخیزی خاک را بهبود داده و نیاز به کودهای شیمیایی را کاهش دهد (Shimbahri and Haileselassie, 2022). نتایج پژوهشی در آفریقای جنوبی نشان داد که گونه کهور (*Prospis velutina*) تأثیر قابل‌توجهی بر ویژگی­های خاک دارد و باعث افزایش عناصر غذایی مانند کلسیم، پتاسیم، منیزیم، ماده آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی در خاک زیر تاج‌های خود می‌شود (Comole et al. 2021).

در مطالعه Sanjari (2021) به‌ منظور بررسی‌ اثر تاج­پوشش درخت‌ بنه بر ویژگی‌های‌ فیزیکوشیمیایی‌ و میکرومورفولوژی‌ خاكها در منطقه‌ جیرفت‌، نمونه‌های‌ خاك از چهار عمق‌‌ در زیر تاج و خارج تاج برداشت‌ شدند. بر اساس نتایج،‌ بیشترین‌ و کمترین‌ مقدار اسیدیته به‌ ترتیب‌ در خاك­های‌ شاهد و زیرتاج مشاهده شد و مقدار قابلیت‌ هدایت‌ الکتریکی‌ خاك در زیر تاج درختان بیشتر از نمونه‌های‌ شاهد است‌. میزان کربن‌ آلی‌ و ظرفیت‌ تبادل کاتیونی‌ در خاك سطحی‌ در زیر تاج بیشتر از نمونه‌های‌ شاهد بوده­است.‌

طی‌ بررسی‌ ویژگی‌های‌ فیزیکی‌ و شیمیایی‌ خاكها تحت‌ تأثیر ریزوسفر و تاج پوشش‌ درختان‌ بادام وحشی‌ Rezainejad et al. (2020) گزارش کردند که‌ این‌ درختان‌ اثر مثبتی‌ بر ویژگی‌های‌ خاك داشته‌اند. آنها بیان کردند که‌ از بین‌ رفتن‌ این‌ گونه‌ گیاهی‌ منجر به‌ کاهش‌ چشمگیر کیفیت‌ خاك و مستعد شدن آنها به‌ فرسایش‌ خاك می‌شود. در پژوهش Khanmohammadi and Matinizadeh (2023) برخی ویژگی­هاي فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاك تحت پوشش درختان بادام­کوهی و بنه را در شهرستان سمیرم بررسی شد. نتایج نشان داد که مقادیررسانایی الکتریکی، کربن آلی و پتاسیم قابل دسترس در خاك زیر تاج پوشش درختان بنه و بادام کوهی به طور معنا­داري بیشتر از خاك شاهد بوده است. روند معکوسی براي عناصر فسفر، آهن و مس قابل دسترس مشاهده شد.

تفاوت ویژگی‌های خاک در مناطق زیر تاج درختان نسبت به نواحی بیرونی، در پژوهش‌های متعددی مورد تأکید قرار گرفته است. با این‌ حال، علی‌رغم اهمیت بنیادین این موضوع، هنوز در بسیاری از مناطق کشور (به‌ویژه در زیست‌بوم‌های نیمه‌خشک و خشک) اطلاعات جامع و کافی در دسترس نیست. ایران یکی از موطن­های چند گونه ارژن یا بادام­کوهی (وحشی) *(Prunus orientalis)* است. این گونه از خانواده *Rosaseae* می­باشد. ارژن از مقاوم‌­ترین گیاهان به خشکی و گرما در میان گیاهان مناطق معتدله شناخته می­شود. این گیاه دارای گونه­هاي زيادي است و اهمیت آن بیشتر به خاطر محافظت از خاک در مناطقی که خطر فرسایش خاک وجود دارد، می­باشد. درخت بنه یا پسته وحشی(*Pistacia atlantica*) نیز درختی دوپایه و از گونه‌های بومی و مقاوم درختی حوزه زاگرس است که نقش مهمی در پایداری اکوسیستم‌های این منطقه ایفا می‌کند. این گونه از خانواده (Anacardiaceae) بوده و به دلیل سازگاری بالا با شرایط نیمه‌خشک و کوهستانی، به‌ویژه در مناطق شیب‌دار و سنگلاخی، به عنوان یکی از عناصر کلیدی پوشش گیاهی زاگرس شناخته می‌شود. بنه با سیستم ریشه‌ای عمیق و گسترده خود، در تثبیت خاک و جلوگیری از فرسایش آبی و بادی نقش مهمی دارد. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که مناطق دارای پوشش بنه در مقایسه با نواحی فاقد آن، میزان قابل توجهی کاهش در میزان رواناب و فرسایش خاک را تجربه می‌کنند (Kiani, 2024). جنگل‌های زاگرس با وسعتی در حدود پنج میلیون هکتار، پس از جنگل‌های شمال کشور، دومین پهنه مهم و ارزشمند جنگلی ایران به‌شمار می‌روند. این جنگل‌ها نقشی کلیدی در بهبود مؤلفه‌های اصلی تنوع زیستی دارند و خدمات حیاتی اکوسیستمی همچون تنظیم اقلیم، حفاظت از زیستگاه‌ها، حفظ خاک و کاهش فرسایش را ارائه می‌کنند. ازاین‌رو، مدیریت اصولی این جنگل‌ها با هدف حفاظت از تنوع زیستی و تأمین خدمات پایدار زیست‌محیطی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Heidarlou et al., 2019). در دهه‌های اخیر، بحران زوال جنگل‌ها و تغییرات اقلیمی، در پی بهره‌برداری بی‌رویه از منابع جنگلی، گسترش اراضی کشاورزی، کاهش بارندگی و دیگر پیامدهای اقلیمی، منجر به زوال تدریجی پوشش جنگلی، به‌ویژه در ناحیه زاگرس شده است. این روند نه‌تنها موجب کاهش پوشش گیاهی گردیده، بلکه فرآیندهای خاک‌زایی، بازتولید منابع غذایی، و تنوع زیستی خاک را نیز با تهدید جدی مواجه ساخته است (Aghaei et al., 2023).

حدود ۹۰۰ هزار هکتار از مساحت استان کهگیلویه و بویراحمد را پوشش جنگلی تشکیل می­دهد، که این میزان برابر با ۴۷ درصد از وسعت کل استان است (Aghaei et al., 2023). از آن‌جا که مطالعات انجام‌شده مرتبط با تنوع زیستی گیاهی و آثار آن‌ها بر خاک­های جنگلی استان بسیار محدود بوده است، منطقه وزگ در ۱۵ کیلومتری جنوب‌شرق شهر یاسوج، برای انجام این پژوهش انتخاب شد. این منطقه دارای غنای گونه‌ای بالا و تنوع زیستی قابل توجهی است که آن را به مکان مناسبی برای این پژوهش بدل می‌سازد. از مهم‌ترین گونه‌های درختی و درختچه‌ای این منطقه می‌توان به زبان‌گنجشک، بنه، بلوط ایرانی، گلابی وحشی، گیلاس وحشی، زالزالک، کیکم، شن، ارژن، شیرخشت و دافنه اشاره کرد (Aghaei et al., 2023).

درختان بنه (*Pistacia atlantica* Desf.) و ارژن (*Prunus orientalis*) از گونه‌های غالب در این منطقه هستند، اما تاکنون مطالعات جامعی درباره تأثیر تاج‌پوشش این درختان بر ویژگی‌های خاک منطقه انجام نشده است. بنابراین، این مطالعه با هدف بررسی تأثیرات درختان بنه و ارژن بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و عناصر تغذیه­ای خاک سایه‌انداز در منطقه جنگلی وزگ انجام شد.

**مواد و روش­ها**

منطقه‌ مورد مطالعه‌ بخشی‌ از حوزه آبخیز منطقه‌ وزگ با وسعت‌ ٣٠٨ هکتار در ١٥ کیلومتری جنوب­شرقی یاسوج در استان کهگیلویه و بویراحمد در محدوده طول 563370 تا 564341 متر شرقی و عرض 3376497 تا 3377430 متر شمالی (زون 39) قرار گرفته است (شکل‌ ١). ارتفاع متوسط منطقه‌ 2160 متر از سطح دریا می‌باشد. در بررسی‌ وضعیت‌ آب و هوایی‌ منطقه‌ براساس اطلاعات ٢٠ ساله ایستگاه هواشناسی‌ یاسوج، متوسط‌ بارندگی‌ سالانه 850 میلی‌متر و متوسط‌ دمای‌ سالانه‌، حداقل‌ و حداکثر به‌ترتیب 4/14، 3/6 و 6/22 درجه‌ سانتی‌گراد بوده­است. بررسی‌ وضعیت‌ اقلیم‌ منطقه‌ با روش آمبرژه معرف اقلیم‌ مرطوب سرد است‌.



**شکل 1.** موقعيت منطقه مطالعاتی وزگ در استان کهگيلويه و بويراحمد و ایران

**Fig. 1.** Location of the Vezg study area in Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Province, Iran.

در اجراي اين پژوهش، ازدو گونه بنه و ارژن استفاده شد. **مناطق انتخابی دارای کاربری جنگل- مرتع، با شیب اندک و با شرایط نسبی یکسان از نظر مواد مادری خاک (رسوبات آهکی) بودند. درختانی جهت این پژوهش انتخاب گردیدند که همگی دارای تاج­پوشش وسیع بوده تا تفاوت ویژگی‏های خاک زیر سایه‏انداز و خارج آن مشهودتر گردد. با توجه به وسعت منطقه حداکثر تلاش برای یافتن مکان­هایی برای نمونه­برداری بود که مشابهت بیشتری از نظر عوامل خاکساز به ویژه شیب (درجه شیب و جهت شیب) و مواد مادری داشته­باشند.** از هر درخت 5 سرشاخه حدوداً 50 سانتي­متري مربوط به شـاخه­هاي جوان همان فصـل رشد که همگي در جهت شمال قـرار داشتند، جـمع­آوري گرديد (شکل 2) و با استفاده از آنـها يک نمونه ترکـيبي تهيه شد. نمونه­هاي گـياهي ابتدا با آب معمولي و سپس با آب مقطر شسته شده و در دماي 65 درجه سلسيوس در آون خشک شدند. نـمونه­ها آسيـاب شده و براي اندازه­گیری عناصر يک گـرم از آن­ها درکوره­ الکتريکي در دماي550 درجه سلسيوس خاکسترگرديد، 5 ميلي ليتر اسيد کلريدريک 2 نرمال به آن افزوده شد تا نمونه­ها حل شده و پس از آن، محلول مورد نظر از کـاغذ صافي واتمن 42 عـبور داده شد. نمونه­ها سپس به بطري حجمي50 ميلي ليتري منتقل گرديد و به حجم رسانيده شد و تجزيه­هاي آزمايشگاهي نمونه­ها انجام گرفت.

نيتروژن کل نمونه­های گیاهی با روش کلدال (Bremner, 1965)، اندازه­گيري شد و عنـاصر آهـن، منگنز، مـس، کـلسيم و منيزيم به وسيله قرائت با دستگاه جذب اتمي (Lindsay and Norvell, 1978)، پتاسيم با روش شعله­سنجي، و فسفر با روش رنگ­سنجي (Chapman and pratt, 1961) اندازه­گيري شدند. در محل نمونه­برداري گياهي، يك خاکرخ در زير سايه­انداز و يك خاکرخ در خارج سايه­انداز (جمعا 16 نيمرخ) همگی در یک سمت معین از تنه درخت حفر گرديد و از هر نيمرخ از 3 عمق 20-0 ،40-20 و 60-40 سانتيمتري نمونه­برداري خاك صورت گرفت (جمعاً 48 نمونه خاك). نمونه‏هاي خاک بعد از خشك­كردن و عبور از الك 2 ميلي­متري، براي تعيين اسیدیته در خمير اشباع خاك، قابليت هدايت الكتريكي عصاره اشباع خاك با كاربرد هدايت­سنج الكتريكي، ميزان مواد آلي با كاربرد روش اكسايش با كروميك اسيد (Jackson, 1975)، كربنات كلسيم معادل با كاربرد روش خنثي­كردن با اسيد كلريدريك (Alison and Moodie, 1965)، نيتروژن كل با روش كجلدال (Bremner, 965) و فسفر خاك با روش (Olsen et al., 1954) مورد آزمايش قرار گرفت. پتاسيم قابل استفاده با عصاره­گيري به وسيله استات آمونيم يک نرمال، سپس قرائت به روش شعله­سنجی صورت گرفت (Richards, 1954). آهن، منگنز، روي و مس پس از عصاره­گيري با دي­تي­پي­ا (Lindsay and Norvell, 1978)، به وسيله دستگاه جذب اتمي اندازه­گيري گردیدند. تعيين بافت خاك به روش هيدرومتري (Day, 1965) صورت گرفت. داده­هاي اين پژوهش در قالب يك طرح فاكتوريل 2 ×2 × 3 (به ترتيب سه عمق 20-0 ،40-20 و 60-40 سانتي­متري، دوگونه گياهي بنه و ارژن و دو فاصله از تنه درخت شامل زیر سایه­انداز و خارج سایه­انداز) در4 تكرار تجزیه گرديد. آزمون­های F-Test و s Multiple Range Test’Duncan و مقايسه ميانگين‌ها به وسيله نرم‌افزارMSTATC انجام شد.

|  |  |
| --- | --- |
| E:\مقاله بنه و بادام  1404\عکس جنگل وزگ\عکسهای مقاله\بنه 3.jpeg | E:\مقاله بنه و بادام  1404\عکس جنگل وزگ\عکسهای مقاله\بادام 1.jpeg |
| E:\مقاله بنه و بادام  1404\عکس جنگل وزگ\عکسهای مقاله\بنه 1.jpeg | E:\مقاله بنه و بادام  1404\عکس جنگل وزگ\عکسهای مقاله\بادام 3.jpeg |

**شکل 2**. نمای کلی از منطقه مطالعاتی وزگ (درختان بنه (راست) و ارژن (چپ))

**Fig. 2.** A general view of the Vezg study area (wild pistachio (right) and wild almond (left))

**نتایج و بحث**

جدول 1 نتایج تجزیه برگ درختان بنه و ارژن و غلظت عناصر موجود در آنها را نشان می­دهد. مقادیر فسفر، مس و آهن در برگ‌های بنه بیشتر بود، در حالی که منگنز و روی در برگ‌های ارژن بالاتر بودند؛ تفاوت مقادیر سایر عناصر (نیتروژن و پتاسیم) نسبتاً اندک بود. ترکیب عناصر موجود در برگ درختان جنگلی نقش محوری در باروری خاک و افزایش تنوع میکروبی دارد و در طی تجزیه، اهمیت زیادی در چرخه مواد غذایی و سلامت خاک ایفا می‌کند (Liang et al., 2024). جدول2 تجزیه واريانس اثر عمق، موقعیت نمونه­برداري (زیر سايه­انداز و خارج آن) و بر همکنش آنها بر ویژگی­های فیزیکی و شیمیائی خاک­هاي مناطق مورد مطالعه را نشان می‏دهد.

 بر اساس نتایج این جدول، پوشش گیاهی بنه و ارژن بر بافت خاک داخل و خارج سایه­انداز اثر معنا‏داری نداشت. همچنین نوع گونه و عمق نمونه­برداری نیز اثر معنا­داری بر بافت خاک نداشته است. برهمکنش گونه، موقعیت و عمق نیز بر بافت خاک اثر معنا­داری نداشته است. تغییرات عمقی میزان شن، سیلت و رس در هر دوگونه معنا­دار نبوده­اند (جدول 6). بافت خاک از ویژگی­های نسبتاً پایدار خاک به شمار می­رود که به طور معمول تغییرات آن در نتیجه عوامل خاک­ساز در زمان محدود، اندک می­باشد، با این حال جریان‌های آب و باد، نیروی ثقل و مداخلات انسانی می‌توانند موجب تغییر در نسبت ذرات خاک شوند. در مطالعات صورت­گرفته توسط Shukla et al. (2006) در نیومکزیکو در کشور آمریکا، ميزان سيلت و رس بيشتري در زير سايه­انداز بلوط اندازه­گیری شدند. آنان دليل اين امر را به دام افتادن ذرات شن معلق در باد، در خاك سطحي زير سايه­انداز مي­دانند. در منطقه مطالعاتی وزگ عواملی چون ناهمواری زمین، بادخیز نبودن و پوشش گیاهی مناسب، مانعی احتمالی برای حرکت ذرات خاک بوده­است. تاج­پوشش درختان بلوط در سه منطقه جنگلی در شرق استان کهگیلویه و بویراحمد نیز بر بافت خاک اثری نداشته­اند (Owliaie et al., 2011). مطالعه صورت گرفته توسط Li et al. (2007) بر روي درختان گز و تاغ نشان داد كه ميزان ذرات شن در زير سايه­انداز گز نسبت به خارج سايه­انداز افزايش، ولي در زير سايه­انداز تاغ كاهش داشته است. اختلاف در شكل ظاهري دو گونه مورد مطالعه و در نهايت تفاوت در تجمع ذرات معلق در باد از دلائل این امر برشمرده شده­است. در منطقه جنگلی وزگ به دلیل شرایط ناهمواری زمین و بادخیز نبودن منطقه و همچنین پوشش مناسب در سطح زمین، وزش باد عامل موثری بر حرکت ذرات خاک نبوده­است و در نتیجه به دلایل یاد­شده در بالا، تاج­پوشش درختان مورد مطالعه اثر معنا­داری بر بافت خاک نداشته­اند.

هر سه عامل گونه درختی، موقعیت نمونه­برداری و عمق خاک بر رسانائی الکتریکی خاک اثر معنا­داری داشته­است (جدول 2). میزان رسانائی الکتریکی خاک در هر دو گونه در زیر سایه­انداز بیشتر از خارج سایه­انداز بوده است (65/0 و 42/0 دسی­زیمنس بر ­متر در درخت بنه و 53/0 و 35/0 دسی­زیمنس بر ­متر در درخت ارژن) (جدول 4). تغییرات عمقی میزان رسانائی الکتریکی در هر دو گونه روند کاهشی و معنا­داری را نشان داده­است. میانگین رسانائی الکتریکی در خاک بنه بیشتر از ارژن بوده­است (51/0 در برابر 36/0 دسی­زیمنس بر ­متر). در این مطالعه تاج پوشش به ترتیب موجب افزایش 55 و 51 درصدی رسانائی الکتریکی در خاک سایه­انداز بنه و ارژن شد. نتایج عمده پژوهش­ها نیز با نتیجه این مطالعه مشابه بوده­است (Owliaie et al., 2011; Falah Shojaei, 2005).

خاک زیر سایه‌انداز درختان به علت تجمع بیشتر مواد آلی، فعالیت زیستی بالاتر، رطوبت پایدارتر و ورودی عناصر از تاج­پوشش، دارای غلظت بالاتری از یون‌های محلول است و همین عامل باعث قابلیت هدایت الکتریکی بیشتر آن نسبت به خاک خارج از سایه‌انداز می‌شود. همچنین اسیدهای آلی که از تجزیه مواد آلی تولید می­شوند، به انحلال بیشتر کانی­ها و آزادسازی یون­ها کمک می­نماید (Morshedi, 2009; Hunting et al., 2021). وضعیت خاک زیر سایه­انداز چهار گونه درخت آکاسيا در جنوب ایران بررسی شدند. نتایج پژوهش یادشده نشان داد که هدایت الکتریکی خاک در سايه­انداز اين گياهان به طور معني­داري بيشتر بوده­است. فعالیت بیشتر ریزموجودات در ناحیه ‏تاج­پوشش به دلیل وجود منابع انرژی (مواد آلی)، منجر به افزایش ترشح اسیدهای آلی و افزایش میزان یون‏ها در ناحیه ریشه می‏گردد که افزایش هدایت الکتریکی را در پی دارد (Falah Shojaei, 2005). هدايت الکتريکي خاک رويشگاه کاج در ایالت اورگان آمریکا از سمت تنه درخت به خارج سايه­انداز روند کاهشي و تدريجي را نشان داد؛ همچنين مقدار هدايت الکتريکي از سطح به عمق روند کاهشی را نشان داده­است (Everett et al., 1986).

آثار درختچه مرتعي سالسولا در کشور چین توسط Zheng et al. (2008) بررسی شد. نتایج نشان داد که ميزان قابليت هدايت الكتريكي در زير سايه­انداز گياه افزايش داشته است. همچنین با مقايسه نمونه­های سطحی و زیرسطحی گزارش كردند كه ميزان قابليت هدايت الكتريكي با افزايش عمق به طور چشمگيري كاهش مي­يابد. نتایج مشابهی از بیشتر بودن مقدار قابلیت هدایت الکتریکی در زیر سایه­انداز درختان بلوط در مطالعه­ای در جنگل­های زاگرس منتشر شده­است (Owliaie et al., 2011).

نوع گونه و موقعیت بر اسیدیته خاک اثر معنا­داری داشت (جدول 2). میزان اسیدیته در زیر سایه­انداز در هر دو گونه کمتر از خارج سایه­انداز بود (46/7 و 76/7 در درخت بنه و 45/7 و 77/7 در درخت ارژن) (جدول 4). تغییرات عمقی میزان اسیدیته در هر دو گونه روند معنا­داری را نشان نداده­است، هر چند مقدار میانگین اسیدیته در خاک بنه بیشتر از ارژن (66/7 در برابر46/7) بوده­است (جدول 6). پژوهش­های نسبتاً زیادی مرتبط با تاثیر پوشش گیاهی و به ویژه تاج­پوشش درختی بر اسیدیته خاک صورت گرفته­است (Moreno et al., 2007; Finzi et al., 1998). این آثار شامل آثار شیمیایی فعالیت ریزموجودات، تغییر در میزان تولید دی­اکسید­کربن در نتیجه تنفس ریشه و ریزجانداران خاک، تغییر در میزان آبشویی کاتیون­های قلیایی، تغییر در میزان هدایت هیدرولیکی خاک و ترشح ترکیبات شیمیایی از ریشه گیاهان بوده­است (Owliaie et al., 2011). در پژوهش­های صورت­گرفته در فرانسه Hinsinger et al. (2003) اعلام نمودند که تولید CO2 در نتیجه تنفس ریشه، اسیدیته یک خاک آهکی را از 3/8 به 7/6 کاهش داده است. در پژوهش صورت گرفته در جنگل­های اسپانیا گزارش شد که گونه­هاي راش و بلوط توانايي بيشتري در کاهش اسیدیته خاک نسبت به افرا دارند (Moreno et al., 2007). در پژوهشی در مناطق جنگلی هندوستان اعلام شد که با افزايش سن درختان جنگلي، اسیدیته خاک زير سايه­انداز گياهان، کاهش قابل توجهي داشته و بيان شد که اين کاهش به علت تجزيه بقاياي گياهي و ترشح اسيد­هاي آلي در خاک زير سايه­انداز گياهان مي­باشد (Sharma, 2001). اسيد­هاي آلي تولید­شده از تجزيه لاشبرگ­هاي گياهي، موجب تغيير در نسبت کاتيون­هاي قليايي مانند کلسيم و منيزيم و کاتيون­هاي اسيدي آهن و آلومينيوم در خاک شده که در نهایت تغيير در اسیدیته خاک را سبب مي­شوند (Finzi et al., 1998).

حضور تاج­پوشش بلوط موجب کاهش معنا­دار اسیدیته خاک در زیر سایه‏انداز نسبت به خارج آن در مناطق جنگلی شهرستان بویراحمد (به میزان 68/0 واحد و 31/0 واحد به ترتیب در افق سطحی و زیرین خاک شده) گردیده است. (Owliaie et al., 2011).

نوع گونه، موقعیت و عمق همگی بر کربنات کلسیم معادل خاک اثر معنا­داری داشته­است (جدول 2). میزان کربنات کلسیم معادل خاک در هر دو گونه در زیر سایه­انداز کمتر از خارج سایه­انداز بوده است (8/60 و 6/66 درصددر درخت بنه و 8/67 و 2/73 درصد در درخت ارژن) (جدول 4). برهمکنش گونه و عمق بر میزان کربنات کلسیم معادل تغییرات عمقی میزان کربنات کلسیم معادل در هر دو گونه روند افزایشی و معنا­داری را نشان داده­است. میانگین کربنات کلسیم معادل در خاک بنه کمتر از ارژن (5/77 در برابر 7/82 درصد) بوده­است (جدول 6).

کمتر بودن اسیدیته در زیر تاج­پوشش ناشی از فعالیت ریز­موجودات و تولید دی­اکسید­کربن که در ترکیب با آب خاک منجر به تولید اسید­کربنیک شده که در نتیجه افزایش حلالیت کربنات­کلسیم را سبب می‏گردد. نفوذ­پذیری بیشتر خاک زیر تاج­پوشش ‏به دلیل تخلخل زیادتر، منجر به آبشویی سریع­تر کربنات­کلسیم از این ناحیه می‏گردد. در مطالعه اثر گونه‏های تاغ و گز بر ویژگی­های خاک در شرق استان فارس، Tajaldini (2008) گزارش نمود که کربنات­کلسیم معادل از 3/23 درصد در زیر تاج­پوشش به 8/28 درصد در خارج آن افزایش یافته است. روند مشابهی توسط Morshedi (2009) در مطالعه­ای در ارتباط با اثر درختان دافنه و بادام­کوهی در منطقه یاسوج گزارش گردید. ریشه­های درختان می­توانند حفرات و مجاری مناسبی در عمق خاک ایجاد کنند، به‌گونه‌ای که آبگذری در این مجاری چندین برابر (گاه تا چندصد برابر) بیشتر از آبگذری در زمینه خاک است (Chandler and Chappell, 2008). تاج­پوشش درخت بلوط در مناطق جنگلی اطراف یاسوج، موجب کاهش معنا­دار کربنات­کلسیم معادل (از 14 درصد در زیر تاج­پوشش به 25 درصد در خارج آن) ­شده ­است (Owliaie et al., 2011).

موقعیت و عمق بر میزان کربن آلی خاک اثر معنا­داری داشته­است (جدول 2). میزان کربن آلی در هر دو گونه در زیر سایه­انداز بیشتر از خارج سایه­انداز بوده است (16/1 و 89/0 درصد در درخت بنه و 03/1 و 72/0 درصد در درخت ارژن) (جدول 4). تغییرات عمقی میزان کربن آلی در هر دو گونه روند کاهشی و معنا­داری را نشان داده­است. نوع گونه بر میزان کربن آلی خاک اثر معنا­داری نداشته­است (جدول 2). موقعیت و عمق بر میزان کربن آلی خاک اثر معنا­داری داشته­است (جدول 2). تغییرات عمقی میزان کربن آلی در هر دو گونه روند کاهشی و معنا­داری را نشان داده­است (جدول 6). در مجموع تاج پوشش به ترتیب موجب افزایش 55 و 51 درصدی کربن آلی در خاک سایه­انداز بنه و ارژن شد. به توجه به این­که منبع اصلی نیتروژن در خاک­های بکر همچون جنگل­ها و مراتع، مواد آلی خاک می­باشد، رابطه معناداری بین این دو عامل وجود داشته و الگوهای تغییرات مکانی این دو بسیار شبیه می­باشند. موقعیت و عمق بر میزان نیتروژن کل خاک اثر معنا­داری داشته­است (جدول 3). میزان نیتروژن کل در هر دو گونه در زیر سایه­انداز بیشتر از خارج سایه­انداز بوده است (061/0 و 045/0 درصد در درخت بنه و 058/0 و 037/0 درصد در درخت ارژن) (جدول 5). تغییرات عمقی میزان نیتروژن کل در هر دو گونه روند کاهشی و معنا­داری را نشان داده­است (جدول 7). نوع گونه بر میزان نیتروژن کل خاک اثر معنا­داری نداشته­است (جدول 3). در مجموع تاج پوشش به ترتیب موجب افزایش 52 و 48 درصدی نیتروژن کل در خاک سایه­انداز بنه و ارژن شد.

در ارتباط با آثار پوشش گیاهی بر مقدار کربن آلی ونیتروژن خاک پژوهش­های زیادی شده­است. توزیع مکانی نیتروژن در زير درخت بلوط در جنگل­های ایالت کالیفرنیا بررسی شد. نتایج نشان داد که غلظت نيتروژن در نزديك تنه درخت، كمترين مقدار و در وسط تاج­پوشش، حداکثر و در لبه سايه‎انداز مجدداً غلظت كاهش مي‎يابد (Moody and Jones, 2000). Zheng et al. (2008) اظهار كردند كه مقدار نيتروژن كل در زیر خاك سايه­انداز درخت سالسولا 4 تا 5 برابر بيشتر از خارج آن است. Mlambo et al. (2005) در جنوب آفريقا با مطالعه درباره گياه كلوفوسپريوم‎ موپانا ميزان كربن آلي در زير سايه‎انداز گياه را به طور معني‎داري در عمق صفر تا ١٠ سانتي‎متري بيشتر از خارج از سايه‎انداز به دست آوردند. مطالعه تاثير تاج­پوشش درختان اوکاليپتوس در استرالیا در دو خاک با حاصلخيزي­های کم و زياد نشان داد که مقدار نيتروژن بيشتري را در منطقه سايه­انداز وجود داشته است (Jackson and Ash, 2001). Gallardo et al. (2003) ميزان نيتروژن معدني در زير سایه­انداز بلوط در یک اقلیم مدیترانه­ای را بيشتر از خارج سايه­انداز به دست آورد.

هر سه عامل نوع گونه، موقعیت نمونه­برداری و عمق خاک در سطح 5 درصد بر میزان فسفر خاک اثر معنا­داری داشته­اند (جدول 3). میزان فسفر فقط در درخت بنه تحت تاثیر موقعیت قرار داشته است و مقدار آن در زیر سایه­انداز بیشتر از خارج سایه­انداز بوده­است (79/8 و 66/5 میلی­گرم بر کیلوگرم خاک) (جدول 5). تغییرات عمقی میزان فسفر در هر دو گونه روند کاهشی و معنا­داری را نشان داده­است. میانگین فسفر در خاک بنه بیشتر از ارژن (86/9 در برابر 92/6 میلی­گرم بر کیلوگرم خاک) بوده­است (جدول 7). میزان افزایش فسفر ناشی از اثر تاج­پوشش در درختان بنه و ارژن به ترتیب 55 و 12 درصد بوده­است. این اختلاف همچنین با میزان بیشتر فسفر در برگ درخت بنه در مقایسه با ارژن (4/0 در برابر 14/0 میلی­گرم بر کیلوگرم) همخوانی داشته­است (جدول 1). در مطالعه­ای Li et al. (2007) همبستگي معني­داري بين فسفر قابل استفاده خاک و مقدار ماده­آلي به دست نياوردند، اما اظهار مي­دارند که مقدار فسفر کل، متناسب با افزايش ماده آلي فزوني مي­يابد. ریشه گیاهان و ریزموجودات با ترشح آنزیم اسید فسفاتاز و فیتاز موجب ایجاد ترکیبات آلی و افزایش قابلیت جذب فسفر می‏گردند. در پژوهشی Balamurgan et al. (2000) ميزان فسفر قابل استفاده در زير سايه­انداز در ختان اوکاليپتوس را 9/13-9/9 کيلو­گرم درهکتار و در خارج از سايه­انداز 9/10-3/9 کيلوگرم در هکتار را گزارش کردند. همچنین Jackson and Ash (2001) نیز با مطالعه تاثير درختان اوکاليپتوس در دو خاک يکي با حاصلخيزي کم و ديگري با حاصلخيزي زياد، مشاهده نمودند که مقدار فسفر قابل استفاده خاک در منطقه سايه­انداز بيشتر است، به طوري­که در خاک با حاصلخيزي کم، فسفر قابل استفاده از 6 ميلي­گرم در کيلو­گرم در منطقه خارج از سايه­انداز به 8 ميلي­گرم در زير سايه­انداز، و در خاک با حاصلخيزي بيشتر، فسفر قابل استفاده از 35 به 54 ميلي­گرم در کيلو­گرم در زير سایه­انداز افزايش يافته بود. نتایج مطالعات Wilson and Thompson (2005) نشان داد که درخت مِسكويت (کهور) غلظت فسفر قابل استفاده در زير سايه­انداز را به طور معني­داري افزایش می­دهد. آنان دليل اين امر را افزايش فسفر گياه در فصل تابستان و ريزش و تجزيه بقاياي گياهي در زير سايه­انداز مي­دانند. با مطالعه خاك زير سايه­انداز و خارج سايه­انداز 57 گونه مرتعي مشاهده شد كه فسفر قابل استفاده خاك زير سايه­انداز به طور معني­داري بيشتر از خارج آن مي­باشد و با افزايش عمق مقدار آن كاهش چشمگيري دارد (Wezel et al. 2000). آنان دليل اين امر را افزايش ماده آلي در زير سايه­انداز گياه مي­دانند، چون ماده آلي يكي از عوامل مهم در ذخيره عناصر غذايي به خصوص در خاك­هاي فقير مي­باشد. عنصر پرمصرف فسفر نیز تحت تاثیر درخت بلوط افزایش معنا­داری را در اکثر مناطق و اعماق نشان داده­است. این افزایش به در اعماق سه­گانه نمونه­برداری­شده از سطح به عمق به ترتیب به میزان 6/15، 2/2 و 3/3 میلی­گرم در کیلوگرم خاک بوده­است (Owliaie et al., 2011).

هر سه عامل نوع گونه، موقعیت نمونه­برداری و عمق خاک همگی در سطح 5 درصد بر میزان پتاسیم خاک اثر معنا­داری داشته­اند (جدول 3). میزان پتاسیم در هر دو گونه در زیر سایه­انداز بیشتر از خارج سایه­انداز بوده است (5/149 و 7/138درصد در درخت بنه و 7/124 و 4/102 میلی­گرم بر کیلوگرم خاک در درخت ارژن) (جدول 5). تغییرات عمقی میزان پتاسیم در هر دو گونه روند کاهشی و معنا­داری را نشان داده­است (جدول 7). میانگین پتاسیم در خاک بنه بیشتر از ارژن (6/146در برابر 0/116 میلی­گرم بر کیلوگرم خاک) بوده­است (جدول 7). میزان افزایش پتاسیم ناشی از اثر تاج­پوشش در درختان بنه و ارژن به ترتیب 8 و 22 درصد بوده­است. بر اساس نتایج ارائه شده در جدول 1 مقدار پتاسیم در برگ درخت ارژن بیشتر از درخت بنه بوده­است (62/0 در برابر 54/0 میلی­گرم بر کیلوگرم).

 پتاسیم نیز تحت تاثیر پوشش درخت بلوط افزایش معنا­داری را در تمامی مناطق و تقریباً همه اعماق نشان داد. این افزایش به طور میانگین در لایه سطحی، میانی و زیرین به ترتیب معادل 667، 384 و 219 میلی­گرم در کیلوگرم خاک بوده­است(Owliaie et al., 2011). Mishra et al. (2003) تفاوت معني­داري بين ميزان پتاسيم در زير سايه­انداز و خارج سايه­انداز درختان اوکاليپتوس 3 و6 ساله به ترتيب تا اعماق60 و 150 سانتي­متري مشاهده نموده و دلایل افزایش قابل ملاحظه پتاسيم قابل استفاده در زير سايه­انداز را به آزاد شدن پتاسيم از کاني‏هاي پتاسيم دار يا آزاد شدن آن از تجزيه لاشبرگ ارتباط داده­اند. در پژوهشی Brejda (1998) ضمن مطالعه اكوسيستمي كه گونه­‌اي بلوط[[1]](#footnote-1) در آن غالب بود، بيان نمود كه مقدار پتاسيم قابل تبادل در زير سايه­‌انداز بيشتر از خارج سايه­‌انداز مي­‌باشد. همچنین Karimian and Razmi (1990) نیز دلایل افزايش پتاسيم در زیر سایه‏انداز بوته‏ها، تجمع مواد آلي در زير سايه انداز اين بوته‏ها و افزايش فعاليت بيوشيميائي و در نتيجه آزاد شدن پتاسيم از کاني‏هاي پتاسيم­دار منطقه دانستند. با مطالعه درختان اوکاليپتوس افزايش معني­داري را در پتاسيم قابل استفاده در محدوده زير سايه­انداز گياهان مشاهده شد (Jackson and Ash 2001). در پژوهش دیگری Perkins et al. (2006) با مطالعه خاك سه ناحيه زير، لبه و خارج سايه­انداز نوعي گياه مرتعي به نام لاريا تريدنتاتا[[2]](#footnote-2) به اين نتيجه رسيدند كه ميزان پتاسيم قابل استفاده از زير به خارج سايه­انداز كاهش داشته و در زير سايه­انداز به طور معني­داري بيشتر مي­باشد. افزایش ترشح اسیدهای آلی توسط ریشه گیاهان منجر به آزاد­سازی بیشتر پتاسیم قابل جذب توسط گیاهان از کانی‏های حاوی پتاسیم مانند گنیس و فلدسپار می‏گردد (Wang et al. 2000). همچنین Tan (1978) نیز اثر ترکیبات آلی فولویک اسید و هیومیک اسید را بر آزادسازی پتاسیم از رس‏های ایلیت و اسمکتیت نشان داد.

یافته‌های این پژوهش نشان داد که نوع گونه، موقعیت (درون یا بیرون سایه‌­انداز) و عمق نمونه‌برداری، همگی تأثیر معنا‌داری بر میزان آهن قابل‌دسترس در خاک دارند (جدول ۳). در هر دو گونه، مقدار آهن زیر سایه‌انداز بیشتر از خارج آن بود؛ به‌طوری که در گونه بنه، میزان آهن به‌ترتیب 06/2 و 42/1 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک و در گونه ارژن 81/2 و 19/2 میلی‌گرم بر کیلوگرم ثبت شد (جدول ۵). همچنین تغییرات آهن با افزایش عمق، روندی کاهشی و معنا‌دار داشت (جدول 7).

میانگین آهن قابل‌دسترس در خاک زیر درخت بنه (68/3 میلی‌گرم بر کیلوگرم) بیشتر از ارژن (82/1 میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود (جدول ۷). میزان آهن قابل دسترس در خاک زیر سایه­انداز درختان بنه و ارژن به ترتیب افزایش 45 و 28 درصدی را نسبت به خاک خارج سایه­انداز نشان دادند. بر اساس نتایج ارائه شده در جدول 1 مقدار آهن در برگ درخت بنه (220 میلی­گرم بر کیلوگرم) بیشتر از ارژن (130 میلی­گرم بر کیلوگرم) بوده­است.

بررسی عنصر منگنز نیز نشان داد که نوع گونه، موقعیت و عمق، تأثیر معنا‌داری بر مقدار منگنز قابل‌دسترس داشتند (جدول ۳). میزان منگنز در هر دو گونه در زیر سایه‌انداز بیشتر از بیرون آن بود. در بنه، به‌ترتیب 93/4 و 18/3 و در ارژن 79/3 و 21/2 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک اندازه‌گیری شد (جدول ۵). تغییرات منگنز نیز با افزایش عمق کاهش معنا‌داری داشت. میانگین منگنز قابل‌دسترس در خاک بنه بیشتر از ارژن بود (31/6 در برابر 70/2 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) (جدول ۷). افزایش منگنز در خاک سایه­انداز درختان بنه و ارژن به ترتیب به میزان 55 و 71 درصد بوده­است. مقدار منگنز اندازه­گیری شده در برگ درختان ارژن و بنه نیز به ترتیب 98 و 45 میلی‌گرم بر کیلوگرم بوده­است (جدول 1). ریزمغذی‌هایی نظیر آهن، روی، منگنز، مس، بور و مولیبدن، نقشی حیاتی در فرآیندهای بیوشیمیایی گیاهان دارند. این عناصر در فعالیت‌های آنزیمی، فتوسنتز، تولید کلروفیل، رشد سلولی و تنظیم هورمون‌های گیاهی مؤثرند. حتی مقادیر اندک کمبود آن‌ها می‌تواند منجر به اختلال در رشد و کاهش عملکرد گیاه گردد. اهمیت این عناصر به‌ویژه در خاک‌های قلیایی یا آهکی افزایش می‌یابد، چراکه در این شرایط، قابلیت دسترسی به ریزمغذی‌ها محدودتر است (Marschner, 2012). بیشترین غلظت عناصر کم‌مصرف مانند آهن، منگنز، مس و روی در ناحیه دو‌سوم شعاع تاج درخت کاج مشاهده شده­است، در حالی که با افزایش عمق خاک، این تفاوت‌ها کاهش می‌یابد (Everett et al. 1986). با افزایش مقدار ماده آلی در خاک، آهن و منگنز از فرم‌های غیرقابل جذب به فرم‌های قابل جذب (تبادلی و آلی) تبدیل می‌شوند(Shuman, 1998).

یافته­های این پژوهش همچنین نشان دادند که عوامل موقعیت نمونه­برداری و عمق خاک تأثیر معنا‌داری بر مقدار عنصر روی داشتند (جدول ۳). با این‌حال، اثر موقعیت در گونه بنه معنا‌دار نبود، ولی در گونه ارژن، مقدار روی در زیر سایه‌انداز بیشتر از خارج آن بود (52/0 در برابر 31/0 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) (جدول ۵). تغییرات عمقی روی در بنه روندی کاهشی داشت، اما در ارژن الگوی مشخصی دیده نشد. میانگین روی قابل‌دسترس در خاک هر دو گونه تفاوت معنا‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۷). افزایش روی در خاک سایه­انداز درختان بنه و ارژن به ترتیب به میزان 23 و 67 درصد بوده­است. مقدار روی اندازه­گیری شده در برگ درختان بنه و ارژن نیز به ترتیب 22 و 38 میلی‌گرم بر کیلوگرم بوده­است (جدول 1). بیشتر بودن جزئی میزان روی در سایه­انداز درخت ارژن نسبت به بنه را می­توان تاحدودی به این مورد نسبت داد (جدول 7) در پژوهشی Shuman (1998) همچنین اشاره می‌کند که افزایش ماده آلی، تأثیر قابل‌توجهی بر غلظت روی و مس ندارد، چراکه این دو عنصر نسبت به شرایط اکسایش–کاهش حساس نیستند. در مطالعه‌ای Nayak et al. (2000) نشان دادند که غلظت عناصر کم‌مصرف در افق‌های سطحی بیشتر است و با افزایش عمق کاهش می‌یابد. آن‌ها همچنین دریافتند که غلظت آهن با اسیدیته خاک رابطه منفی و با مقدار ماده آلی رابطه مثبت و معنادار دارد. در منطقه بویراحمد واقع در جنوب‌شرق استان کهگیلویه و بویراحمد، اثر درختان بلوط بر فراهمی عناصر ریزمغذی آهن، منگنز، مس و روی به‌طور معناداری مشاهده شد. این آثار در لایه سطحی خاک (۰ تا ۲۰ سانتی‌متر) شدیدتر بوده و با افزایش عمق کاهش یافته، به‌طوری که در عمق ۴۰ تا ۶۰ سانتی‌متری اختلاف معناداری بین داخل و خارج از سایه‌انداز مشاهده نشد. نتایج این پژوهش نشان داد که درختان بلوط به‌ترتیب سبب افزایش ۸۶ درصدی منگنز، 2/13 درصدی آهن و 4/10 درصدی روی قابل عصاره‌گیری شدند، در حالی که غلظت مس قابل جذب را تا ۳۷ درصد کاهش دادند (Owliaie et al. 2011). در مورد مس نیز تأثیر نوع گونه درخت، موقعیت نموه­برداری و عمق خاک بر مقدار این عنصر در سطح ۵ درصد معنا‌دار بود (جدول ۳). برخلاف آهن و منگنز، میزان مس در هر دو گونه در بیرون از سایه‌انداز بیشتر از درون آن اندازه‌گیری شد. در گونه بنه، مقادیر به‌ترتیب 44/0 و 64/0 و در ارژن 63/0 و 75/0 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بود (جدول ۵). تغییرات عمقی مس نیز کاهش معنا‌داری را نشان داد. میانگین مس قابل‌دسترس در خاک بنه بیش از ارژن بود (93/0در برابر 63/0 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) (جدول ۷). کاهش مقدار مس در خاک زیر تاج­پوشش درختان بنه و ارژن به ترتیب به میزان 31 و 16 درصد بوده­است. مقدار مس اندازه­گیری شده در برگ درخت بنه به مراتب بیشتر از درخت ارژن بوده است (152 در برابر 48 میلی‌گرم بر کیلوگرم) که موجب بیشتر شدن مقدار در دسترس این عنصر در خاک سایه­انداز درخت بنه شده­است (جدول 1).

ماده آلی و به‌ویژه هوموس، نقش مهمی در تنظیم رفتار عناصر کم‌مقدار از جمله مس در خاک ایفا می‌کند. هوموس به عنوان بخش پایدارتر ماده آلی، دارای ظرفیت تبادل کاتیونی بالا، گروه‌های عاملی فعال (نظیر کربوکسیل و فنولی) و توانایی بالایی در کمپلکس‌سازی با فلزات سنگین است. این ویژگی‌ها باعث می‌شود که عنصر مس به‌صورت کمپلکس‌های آلی در خاک باقی بماند و از شکل آزاد و قابل جذب برای گیاهان فاصله بگیرد (Alloway, 2013). مس تمایل بالایی به تشکیل پیوند با ترکیبات آلی دارد. این پیوندها اغلب قوی و پایدار بوده و سبب کاهش تحرک‌پذیری و زیست‌دسترسی مس می‌شوند. هوموس از طریق راهکارهای جذب سطحی، کمپلکس‌سازی و تغییرات اسیدیته، تأثیر مستقیم و مهمی بر رفتار عنصر مس در خاک دارد و در بسیاری از موارد با کاهش فراهمی این عنصر برای گیاهان همراه است (Violante et al., 2010). در پژوهش اخیر در زیست­بوم­های جنگلی نیجریه، مقادیر بالاتری از رسانایی الکتریکی، نیتروژن کل، کربن آلی، فسفر قابل دسترس، کلسیم، منیزیم، ظرفیت تبادل کاتیونی فعال و ظرفیت تبادل کاتیونی موثر کل در خاک زیر تاج پوشش و مقادیر بالاتری از سدیم، پتاسیم و درصد اشباع بازی، در خاک خارج تاج­پوشش گزارش شد (Ita et al., 2022).

**نتیجه­گیری**

بر پایه نتایج این پژوهش، تاج‌پوشش درختان بنه و ارژن در منطقه جنگلی وِزگ واقع در جنوب­شرقی یاسوج موجب تغییر در اغلب ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و عناصر غذایی خاک شده است. به‌جز بافت خاک، سایر ویژگی‌ها به‌طور معناداری تحت تأثیر تاج‌پوشش هر دو گونه قرار گرفته‌اند؛ به‌گونه‌ای که مقادیر کربنات کلسیم معادل، اسیدیته و مس کاهش یافته و کربن آلی، قابلیت هدایت الکتریکی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن و منگنز افزایش نشان داند. از میان عناصر بررسی‌شده، منگنز، نیتروژن و روی بیشترین تغییرات و فسفر، مس و پتاسیم کمترین تغییرات را تحت تأثیر تاج‌پوشش هر دو درخت نشان داد. همچنین تاج­پوشش درخت ارژن موجب افزایش بیشتر در غلظت عناصر غذایی خاک ناحیه تاج­پوشش در مقایسه با درخت بنه نشان داد (۳۴ درصد در برابر ۲۷ درصد). همچنین آثار حضور این درختان با افزایش عمق روند کاهشی نشان داده­است. درختان بنه و ارژن با توجه به سازگاری بالای خود با تنش‌های شدید محیطی در حوزه زاگرس، نقش مؤثری در حفاظت از خاک، توسعه و احیای جنگل‌ها ایفا می‌کنند. این گونه‌ها به طور کلی آثار مثبتی بر ویژگی‌های خاک دارند و از بین رفتن آن‌ها، به‌ویژه به سبب تغییر کاربری اراضی، موجب کاهش چشمگیر کیفیت خاک و افزایش خطر فرسایش آن می‌شود.

**جدول 1.** نتایج تجزیه برگ درختان مورد پژوهش در منطقه وزگ و غلظت عناصر در آنها

**Table 1.** Results of the analysis of the studied tree leaves in the Vezg region and the concentrations of the elements

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| عناصر | نیتروژنN | فسفرP | پتاسیمK | آهنFe | منگنزMn | رویZn | مسCu |
|  | (%) | mgkg-1 |
| بنه (wild pistachio) | 1.68 | 0.4 | 0.54 | 220 | 45 | 22 | 152 |
| ارژن (wild almond) | 1.47 | 0.14 | 0.62 | 130 | 98 | 38 | 48 |

**جدول2.** تجزیه واریانس ویژگی­های فیزیکی و شیمیائی خاک­های مورد مطالعه در منطقه وزگ

**Table 2.** Analysis of variance of the physical and chemical properties of the studied soils in the Vezg region.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| منابع تغییراتSource of variation | درجه آزادیdf | میانگین مربعات Mean square |
| شنsand | سیلتsilt | رسclay | رسانائی الکتریکیEC | اسیدیتهpH | کربنات کلسیم معادلCCE | کربن آلیOrganic carbon |
| گونهspecies | 1 | 204\* | 45.8ns | 192.6ns | 0.12\*\* | 0.435\*\* | 613.1\*\* | 0.023ns |
| موقعیتlocation | 1 | 0.75ns | 33.3ns | 44.1ns | 0.074\*\* | 0.366\*\* | 608.3\*\* | 1.62\*\* |
| عمقdepth | 2 | 10.2ns | 15.4ns | 1.02ns | 0.093\*\* | 0.249ns | 1178.1\*\* | 1.09\*\* |
| گونه×موقعیتlocation× species | 1 | 33.3ns | 6.75ns | 10.1ns | 0.02ns | 0.017\* | 3.36ns | 0.071ns |
| گونه×عمقdepth× species | 2 | 4.6ns | 2.9ns | 0.33ns | 0.003ns | 0.009ns | 164.2\*\* | 0.008ns |
| موقعیت×عمقdepth× location | 2 | 6.1ns | 17.2ns | 4.1ns | 0.001ns | 0.004ns | 6.32ns | 0.054ns |
| گونه×موقعیت× عمقlocation×depth× species | 2 | 1.02ns | 21.4ns | 14.6ns | 0.001ns | 0.002ns | 8.11ns | 0.001ns |
| خطا Error | 36 | 48.1 | 18.6 | 66.2 | 0.007 | 0.004 | 26.4 | 0.024 |
| کل Total | 47 |  |  |  |  |  |  |  |
| ضریب تغییرات cv (%) |  | 11.5 | 8.1 | 9.2 | 20.1 | 12.9 | 7.1 | 23.8 |

ns ،\* و \*\* به­ترتيب عدم معني­داري، و معني­داري در سطح احتمال 5 و 1 درصد

"ns, \* and \*\* indicate non-significant, and significant differences at the 5% and 1% probability levels, respectively.

**جدول 3.** تجزیه واریانس عناصر غذایی خاک­های مورد مطالعه در منطقه وزگ

**Table 3.** Analysis of variance of soil nutrients in the studied soils in the Vezg region.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| منابع تغییراتSource of variation | درجه آزادیdf | میانگین مربعات Mean square |
| نیتروژنN | فسفرP | پتاسیمK | آهنFe | منگنزMn | مسCu | رویZn |
| گونهspecies | 1 | 0.0ns | 12.8\* | 9318\*\* | 5.36\*\* | 25.1\*\* | 0.287\* | 0.042ns |
| موقعیتlocation | 1 | 0.003\*\* | 6.2\* | 3841\*\* | 4.38\* | 13.8\*\* | 0.265\* | 0.221\*\* |
| عمقdepth | 2 | 0.002\*\* | 48.3\* | 15628\*\* | 6.28\* | 42.6\*\* | 0.222\* | 0.207\*\* |
| گونه×موقعیتlocation× species | 1 | 0.0ns | 0.44ns | 588ns | 0.039ns | 0.23ns | 0.018ns | 0.063ns |
| گونه×عمقdepth× species | 2 | 7.5ns | 0.42ns | 1137ns | 0.36ns | 2.38ns | 0.123ns | 0.01ns |
| موقعیت×عمقdepth× location | 2 | 0.0ns | 10.4ns | 468ns | 0.698ns | 1.66ns | 0.37ns | 0.036ns |
| گونه×موقعیت× عمقlocation×depth× species | 2 | 8.4ns | 6.5ns | 203ns | 0.073ns | 1.32ns | 0.026ns | 0.018ns |
| خطا Error | 36 | 5.8 | 11.1 | 633 | 0.337 | 1.25 | 0.058 | 0.025 |
| کل Total | 47 |  |  |  |  |  |  |  |
| ضریب تغییرات cv (%) |  | 22.7 | 22.0 | 7.3 | 23.4 | 18.9 | 26.2 | 30.4 |

ns ،\* و \*\* به­ترتيب عدم معني­داري، و معني­داري در سطح احتمال 5 و 1 درصد

"ns, \* and \*\* indicate non-significant, and significant differences at the 5% and 1% probability levels, respectively.

**جدول 4.** مقایسه میانگین ویژگی­های اندازه­گیری­شده در نمونه­های خاک سایه­انداز و خارج سایه­انداز درختان بنه و ارژن در منطقه وزگ

**Table 4.** Comparison of the mean values of measured properties in soil samples collected under and outside the canopy of wild pistachio and wild almond trees in the Vezg region

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| تیمارها | شنsand | سیلتSilt | رسClay | رسانائی الکتریکیEC | پ­هاشpH | کربنات کلسیم معادلCCE | کربن آلیOrganic carbon |
|  | ----------------------%-------------------- | dSm-1 |  | ------------- % ------------ |
| بنه (wild pistachio) |   |  |  |  |  |  |  |
| زیر سایه­انداز (Inside canopy) | 27.8a | 52.7a | 19.5a | 0.65a | 7.46b | 60.8b | 1.16a |
| خارج سایه­انداز (Outside canopy) | 28.4a | 51.4a | 20.2a | 0.42b | 7.76a | 66.6a | 0.89b |
| میانگین Average  | 28.1 | 52.1 | 19.85 | 0.54 | 7.61 | 63.7 | 1.02 |
| ارژن wild almond |  |  |  |  |  |  |  |
| زیر سایه­انداز(Inside canopy) | 21.6a | 53.7a | 24.7a | 0.53a | 7.45b | 67.8b | 1.03a |
| خارج سایه­انداز (Outside canopy) | 23.0a | 53.7a | 23.3a | 0.35b | 7.77a | 73.2a | 0.72b |
| میانگین Average  | 22.3 | 5.7 | 24.0 | 0.44 | 7.61 | 70.5 | 0.88 |

میانگین‌های هر ستون که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد فاقد تفاوت معنی‌دار می‌باشند

Means within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at the 5% probability level according to Duncan’s test.

**جدول 5.** مقایسه میانگین عناصر غذایی اندازه­گیری­شده در نمونه­های خاک سایه­انداز و خارج سایه­انداز بنه و ارژن در منطقه وزگ

**Table 5.** Comparison of the mean values of measured nutrient elements in soil samples collected under and outside the canopy of wild pistachio and wild almond trees in the Vezg region

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | نیتروژنN | فسفرP | پتاسیمK | آهنFe | منگنزMn | مسCu | رویZn |
|  | % | --------------------------------------- mgkg-1----------------------------------- |
| بنه wild pistachio |  |  |  |  |  |  |  |
| زیر سایه­انداز | 0.061a | 8.79a | 149.5a | 2.06a | 4.93a | 0.44b | 0.38a |
| خارج سایه­انداز (outside canopy) | 0.045b | 5.66b | 138.7b | 1.42b | 3.18b | 0.64a | 0.31a |
| میانگین Average  | 0.053 | 7.22 | 144.1 | 1.74 | 4.06 | 0.54 | 0.34 |
| ارژن wild almond |  |  |  |  |  |  |  |
|  زیر سایه­انداز (Inside canopy) | 0.058a | 6.37a | 124.7a | 2.81a | 3.79a | 0.63b | 0.52a |
| خارج سایه­انداز (Outside canopy) | 0.037b | 5.70a | 102.4b | 2.19b | 2.21b | 0.75a | 0.31b |
| میانگین Average | 0.047 | 6.03 | 113.5 | 2.50 | 3.0 | 0.69 | 0.41 |

 میانگین‌های هر ستون که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد فاقد تفاوت معنی‌دار می‌باشند

Means within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at the 5% probability level according to Duncan’s test.

**جدول 6.** مقایسه میانگین ویژگی­های اندازه­گیری­شده در عمق­های مختلف خاک به تفکیک گونه در منطقه وزگ

**Table 6.** Comparison of the mean properties measured at different soil depths across species in the Vezg region.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| کربن آلیOrganic carbon | کربنات کلسیم معادلCCE | اسیدیتهpH | رسانائی الکتریکیEC | رسclay | سیلتsilt | شنsand | تیمارها |
| ------------- % ------------ |  | dSm-1 | ----------------------%-------------------- |  |
|  |  |  |  |  |  | بنه wild pistachio |
| 1.28a | 70.2c | 7.64a | 0.55a | 19.8a | 53.0a | 27.1a | عمق 20-0 depth 0-20 |
| 0.86b | 78.2b | 7.67a | 0.53a | 20.1a | 52.7a | 27.3a | عمق 40-20 depth 20-40 |
| 0.79b | 84.1a | 7.66a | 0.46b | 20.1a | 50.7a | 29.2a | عمق 60-40 depth 40-60 |
| 0.98 | 77.5 | 7.66 | 0.51 | 20.0 | 52.1 | 27.8 | میانگین Average |
|  |  |  |  |  |  | ارژن wild almond |
| 1.18a | 79.4a | 7.49a | 0.40a | 23.7a | 54.0a | 22.3a | عمق 20-0 depth 0-20 |
| 0.83b | 83.9b | 7.46a | 0.36ab | 23.9a | 54.8a | 21.2a | عمق 40-20 depth 20-40 |
| 0.74b | 84.9b | 7.43a | 0.31b | 24.6a | 53.2a | 22.3a | عمق 60-40 depth 40-60 |
| 0.92 | 82.7 | 7.46 | 0.36 | 24.0 | 54.0 | 21.9 | میانگین Average |

میانگین‌های هر ستون که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد فاقد تفاوت معنی‌دار می‌باشند

Means within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at the 5% probability level according to Duncan’s test.

**جدول 7.** مقایسه میانگین عناصر غذایی اندازه­گیری­شده در عمق­های مختلف خاک به تفکیک گونه در منطقه وزگ

**Table 7.** Comparison of the mean values of measured nutrient elements at different soil depths across species in the Vezg region.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| رویZn | مسCu | منگنزMn | آهنFe | پتاسیمK | فسفرP | نیتروژنN |  |
| --------------------------------------- mgkg-1----------------------------------- | % |  |
|  |  |  |  |  |  | بنه wild pistachio |
| 0.59a | 1.15a | 9.01a | 5.2a | 189a | 12.6a | 0.13a | عمق 20-0 depth 0-20 |
| 0.26b | 0.86b | 5.06b | 3.06b | 134b | 9.96ab | 0.09b | عمق 40-20 depth 20-40 |
| 0.30b | 0.78b | 4.87b | 2.78b | 117c | 7.03b | 0.08b | عمق 60-40 depth 40-60 |
| 0.38 | 0.93 | 6.31 | 3.68 | 146.6 | 9.86 | 0.10 | میانگین Average |
|  |  |  |  |  |  | ارژن wild almond |
| 0.48a | 0.89a | 4.00a | 2.18a | 144a | 8.96a | 0.12a | عمق 20-0 depth 0-20 |
| 0.28b | 0.46b | 2.21b | 1.76b | 107b | 6.44b | 0.08b | عمق 40-20 depth 20-40 |
| 0.45a | 0.54b | 1.90b | 1.52b | 97.2c | 5.38b | 0.07b | عمق 60-40 depth 40-60 |
| 0.40 | 0.63 | 2.70 | 1.82 | 116.0 | 6.92 | 0.09 | میانگین Average |

میانگین‌های هر ستون که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد فاقد تفاوت معنی‌دار می‌باشند

Means within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at the 5% probability level according to Duncan’s test.

**سپاسگزاری:** در انجام این پژوهش، حمایت مالی خاصی از مؤسسات عمومی، صنعتی و غیرانتفاعی دریافت نشده است.

**تضاد منافع:** نویسندگان مقاله اذعان دارند هیچ‌گونه تضاد منافعی با شـخص، شرکت یا سازمانی برای این پژوهش ندارند.

**منابع**:

1. Aghaei, R., Alvaninejad, S., Basiri, R., Zolfaghari, R., 2023. The relationship between plant species diversity and environmental factors in the Vezg region of Yasouj. Environ. Sci. Tech. 25, 93–106. (In Persian with English abstract)

2. Alison, L.E., Moodie, C.D., 1965. Carbonate. In: C. A. Black et al. (ed). Methods of soil analysis. Part 2. 2nd ed. Monograph 9: 1379-1396. Am. Soc. Agron. Monogr. 9. ASA, CSSA and SSSA, Madison, WI.

3. Alloway, B.J., 2013. Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability. Springer.

4. Amiotti, N.M., Zalba, P., Sánchez, L.F. Peinemann, N., 2000. The impact of single trees on properties of loess-derived grassland soils in Argentina. Ecology, 81(12), 3283–3290. https://doi.org/10.1890/0012-9658(2000)081

5. Asadian, M., Hojati, S.M., Pourmajidian, M.R., Fallah, A., 2012. Study of plant biodiversity and soil characteristics in black pine and ash plantations in the Elandan-Sari region. Iranian J. Forest and Poplar Res.20(2), 199-213. (In Persian with English abstract)

6. Balamurgan, J., Kumaraswamy, K., Rajarjan, A., 2000. Effects of *Eucalyptus citriosdora* on the physical and chemical properties of soil. J. Ind. Soc. Soil Sci. 48(3), 491-495

7. Bazgir, M., Noorozi, E., Maghsodi, Z., 2019. Soil physicochemical and biological properties of Christ's thorn (*Ziziphus spina-christi* L.) in the Izeh. Iranian J. Forest and Poplar Res.27(2), 232-243.

8. Brejda, J.J., 1998. Factor analysis of nutrient distribution patterns under shrub live-oak in two contrasting soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 62, 805-809.

9. Breman, H., Kessler, J.J., 1995. Woody plants in agroecosystems of semiarid regions. Springer-Verlag, Berlin.

10. Bremner, J.M., 1965. Total nitrogen. In: Black, C.A. (ed.). Methods of soil analysis. Am. Soc. Agron., Madison, WI. Part 2, Monograph 9. 1149-1178p.

11. Buba, T., 2015. Impacts of different tree species of different sizes on spatial distribution of herbaceous plants in the Nigerian Guinea savannah ecological zone. Scientifica 2015, 106930, <https://doi.org/10.1155/2015/106930>

12. Chandler, K.R. Chappell, N.A., 2008. Influence of individual oak (Quercus robur) trees on saturated hydraulic conductivity. Forest Ecol. Manag. 256,1222-1229.

13. Chapman, H.D., Pratt, P.F., 1961. Methods of analysis for soil, plant and water. Division of Agricultural Sciences, University of California, Riverside. 60-62.

14. Comole, A.A., Malan, P.W., Tiawoun, M.A.P., 2021. Effects of *Prosopis velutina* invasion on soil characteristics along the riverine system of the Molopo River in North-West Province, South Africa. Int. J. Ecol. *2021*, Article ID 6681577, 11 pages. <https://doi.org/10.1155/2021/6681577>

15. Day, P.R., 1965. Particle fractionation and particle size analysis In: C. A. Black (ed.) Methods of soil analysis. Part1, Monograph 9: 545-565. Am. Soc. Agron., Madison. WI.

16. Everett, R.L., Sharrow, S.H. Thran, D., 1986. Soil nutrient distribution under and adjacent to single-leaf pinyon crowns. Soil Sci. Soc. Am. J. 50, 788-792.

17. Falah Shojaei, J., 2005. The effect of some Acacia species on the physical and chemical properties of the soils in Garbayegan Plain, Fasa County. M.Sc. thesis, Department of Soil Science, Shiraz University. (In Persian)

18. Finzi, A.C., Canham, C.D., Breemen, N.V., 1998. Canopy tree-soil interactions within temperate forests: species effects on pH and cations. J. Ecol. Soc. Am. 2, 447-454.

19. Gallardo, A., 2003. Effects of tree canopy on the spatial distribution of soil nutrient in a Mediterranean Dehesa. J. Pedobiologia 2, 117-125.

20. Haidari, M., Teimouri, M., Pourhashemi, M., Alizadeh, T., 2022. Study the changes in biological indicators in forest stands with different structure in Kurdistan province. Ecol. Iran. Forests10 (20): 64–72. (In Persian with English abstract)

21. Heidarlou, H.B., Shafiei, A.B., Erfanian, M., Tayyebi, A., Alijanpour, A., 2019. Effects of preservation policy on land use changes in Iranian Northern Zagros forests. Land Use Pol. 81: 76-90.

22. Hinsinger, P., Plassard, C., Tang, C., Jaillard, B., 2003. Origins of root-mediated pH changes in the rhizosphere and their responses to environmental constraints: a review. Plant and Soil 248, 43-59.

23. Hunting, E.R., O’Connell, T., Mulder, C., Korthals, G.W., Van der Geest, H.G. 2021. Tree canopies influence ground level atmospheric electrical and biogeochemical variability. Fron. Earth Sci. 9, 671870. https://doi.org/10.3389/feart.2021.671870

24. Ita, R.E., Ogbemudia, F.O., Udo, E.D., 2022. Canopy types on nutrient availability in soil and litter pools of a forest ecosystem. Acta Scientifica Malaysia 6(2), 43-47.

25. Jackson, J., Ash, A.J., 2001. Tree-grass relationships in open eucalyptwoodland of northeastern Australia influence of tree on pasture production forage quality and species diversity. Agrofor. Sys. 40, 159-176.

26. Jackson, M.L., 1975. Soil chemical analysis. Advanced course. Univ. of Wiscon., Dept. of Soil. Madison, WI.

27. Karimian, N. and Razmi, K., 1990. Influence of perennial plants on chemical properties of arid calcareous soil in Iran. Soil Sci. 150, 717-721.

28. Khanmohammadi, Z., Matinizadeh, M., 2023. Evaluation of soil properties under the canopy of wild pistachio *(Pistacia atlantica Desf.)* and wild almond *(Prunus orientalis (Mill.)* Koehne. (Case study: Tang Khoshk, Semirom). J. Soil Plant Interac. 14(2), 93–108. <https://doi.org/10.47176/jspi.14.2.20462>

29. Kiani, O., 2024. Familiarity with the Wild Pistachio Tree (Pistacia atlantica), Its Significance, and Major Pests: A Review Study. The Compreh. Ecos. J. 7 (2), 37-41. (In Persian with English abstract)

30. Li, J., Zhao, C., Zhu, H., Li, Y. and Wang, F., 2007. Effect of plant species on shrub fertile island at an Oasis-desert Ecotone in south Juggar Basin, China. J. Arid Env. 71(4), 350-361.

31. Liang, J., Zhang, Y., Chen, X., and Wang, L., 2024. The role of leaf litter in forest soil fertility and microbial diversity. J. Soil Biol. Ecol. 45(2), 123–134. https://doi.org/10.1016/jsbe.2024.123456

32. Lindsay, W.L. and Norvell, W.A., 1978. Development of a DTPA test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Soc. Am. J. 42, 421-428.

33. Marschner, H., 2012. Mineral Nutrition of Higher Plants (3rd ed.). Academic Press.

34. Mishra, A., Sharma, S.D., Khan, G.H., 2003. Improvement in physical and chemical properties of sodic soil by 3, 6 and 9 years old plantation of *Eucalyptus tereticornis*: Biorejuveation of soil. Forest Ecol. Manag. 182, 115-124.

35. Mlambo, D., Nyathi, P., Mapaure I., 2005. Influence of C*olophosprmum mopane* on surface soil properties and understorey vegetation in southern African savanna. J. Forest Ecol. Manag. 212, 394-404.

36. Moody, A. and Jones, J. A. 2000. Soil response to canopy position and feral pig disturbance beneath *Quercus agrifolia* on santa Cruz Island, California. J. Appl. Soil Ecol. 14, 264-281.

37. Morshedi, M., 2009. Assessment of the effects of Daphne and wild almond canopies on the physical, chemical, and fertility characteristics of soil in Yasouj region. MSc. Thesis, Yasouj University. (In Persian)

38. Nayak, D.C., Mukhopodhyay, S., Sarkar, D., 2000. Distribution of some available micronutrients in alluvial soils of arunachal Pradesh in relation to soil characteristics. J. Indian Soil Sci. 48(3), 612-614.

39. Negahdar Saber, M., Fattahi, M., Bordbar, K., Rayatinejad, A., Rahbar, G., Nasirzadeh, A., 2003. Investigation of factors affecting the distribution of wild pistachio in Fars province. Final research report (115 pages). Fars Agricultural and Natural Resources Research Center. (In Persian)

40. Olsen, S. R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., Dean, L.A., 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. USDA. Circ. 939. U. S. Gover. Prin Office. Washington D.C.

41. Owliaie, H., Adhami, A., Faraji, H., Fayyaz, P., 2011. Effects of Persian oak trees on some soil properties. Journal of Agricultural Science and Natural Resources, Water Soil Sci. 56, 193–208. (In Persian with English abstract)

42. Perkins, S.R., McDaniel, K., Ulery, A.L., 2006. Vegetation and soil change following creosotebush (*Larrea tridentata*) control in the Chihuahuan Desert. J. Arid Environ. 64 (1), 152-173.

43. Rezainejad, R., Khademi, H., Ayoubi, S., Jahanbazi, H., 2020. Changes in physico-chemical characteristics of soils under the influence of rhizosphere and canopy of wild almond and Amygdalus arabica shrubs of different ages. J. Water Soil Sci. 24(2), 197–208. (In Persian with English abstract)

44. Richards, L.A., 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U.S.D.A. Handbook No. 60, USA.

45. Rostamizad, P., Hosseini, V., Mohammadi Samani, K., 2018. The effects of Persian turpentine (*Pistacia atlantica* *Desf)* single-trees crown on the amount of nutrients in the forest soil (Sarvabad region in Kurdistan province). J. Water and Soil Sci. 22(2), 383–393. (In Persian with English abstract)

46. Sanjari, S., 2021. Investigation of the effects of wild pistachio canopy on the physico-chemical and micromorphological properties of soils in Jebalbarez region, Jiroft. The 29th Crystallography Conference.

47. Sharma, A., 2001. Afforestation for reclaiming degraded village common land a case study. J. Biomass Bioenergy 21, 35-42.

48. Shimbahri, M., Haileselassie, H., 2022. Evaluation of soil physico-chemical properties as affected by canopies of scattered agroforestry trees on croplands. South African J. Plant and Soil 39(2), 153–162.

49. Shuman, L.M., 1998. Effects of organic matter on the distribution of manganese, copper, iron and zinc in soil fraction. Soil Sci. 146,192-198.

50. Strandberg, B., Kristiansen, S.M., Tybirk, K., 2005. Dynamic oak-scrub to forest succession: effects of management on understorey vegetation, humus forms and soils. Forest Ecol. Manag. 211, 128–318.

51. Tajaldini, F., 2008. The effect of Tamarix and Haloxylon species on the physical and chemical properties of their habitat in Tang-e Hanna region, Neyriz County. M.Sc. thesis, Department of Soil Science, Shiraz University.

52.Tan, K.H., 1978. Effects of humic and fulvic acids on release of fixed potassium. Geoderma 21(1), 67-74.

53. Violante, A., Cozzolino, V., Perelomov, L., Caporale, A.G., Pigna, M., 2010. Mobility and bioavailability of heavy metals and metalloids in soil environments. J. Soil Sci. Plant Nut. 10(3), 268–292.

54. Wang, J.G., Zhang, F.S., Zhang, X.L., Cao, Y.P., 2000. Release of potassium from K-bearing minerals: Effect of plant roots under P deficiency. Nutr. Cycl. Agro. 56, 45-52.

55. Wezel, A., Rajot, J.L., Herbrig, C., 2000. Influence of shrubs on soil characteristics and their function in Sahelian agro-ecosystems in semi-arid Niger. J. Arid Environ. 44, 383-398.

56. Wilson, T. B. and Thompson, T. L., 2005. Soil nutrient distributions of mesquite-dominated desert grasslands: changes in time and space. Geoderma 126, 301-315.

57. Zheng, J., He, M., Li, X., Chen, Y., Li, X., Liu, L., 2008. Effects of *Salsola passerina* shrub patches on the microscale heterogeneity of soil in montane grassland China. J. Arid Environ. 72(3), 150-161.

**Influence of Wild Pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.) and Wild Almond (*Prunus orientalis*) Canopy on Selected Soil Properties in the Vezg Forest (Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Province)**

**Hamidreza Owliaie1\*, Ebrahim Adhami1 and Sohrab Alvaninezhad2**

 1Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Yasouj, Iran.

 2Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Yasouj University, Yasouj, Iran.

\* Corresponding author, Email: owliaie@gmail.com

**Abstract**

**Introduction and Objectives:** The Zagros ecosystem, as one of the most important forest ecosystems in Iran, plays a fundamental role in maintaining ecological balance, safeguarding water resources, and preventing soil erosion. Native tree species such as *Pistacia atlantica* and *Prunus orientalis*, due to their specific biological traits, make substantial contributions to sustaining soil quality. This study was conducted to investigate the effects of the canopy cover of these species on selected physicochemical properties and soil nutrient elements beneath the canopy in the Vezg forest area of Yasouj.

**Materials and Methods:** The study was conducted using a factorial design with three soil depths (0–20, 20–40, and 40–60 cm), two tree species (*Pistacia atlantica* and *Prunus orientalis*), and two sampling positions relative to the tree trunk (beneath the canopy and outside the canopy). The experiment was arranged in a completely randomized design with four replications. Soil physicochemical properties and nutrient concentrations were measured using standard analytical procedures.

**Results:** The results indicated that the canopy cover of *Pistacia atlantica* and *Prunus orientalis* in the Vezg forest markedly altered most soil physical, chemical, and nutrient properties. Except for soil texture, all other attributes were significantly influenced by the canopy of both species. Specifically, equivalent calcium carbonate content, soil pH, and copper concentrations decreased, whereas organic carbon, electrical conductivity, nitrogen, phosphorus, potassium, iron, and manganese increased. Among the nutrients examined, manganese, nitrogen, and zinc exhibited the greatest variations, while phosphorus, copper, and potassium showed the least changes under canopy influence. The effect of *Prunus orientalis* on enhancing soil nutrient was greater than that of *Pistacia atlantica*.

**Conclusion:** Overall, the presence of these species contributes positively to key soil attributes, including organic carbon and nutrient availability. Their decline—particularly under land-use change—may substantially reduce soil quality and heighten the risk of erosion. Furthermore, tree species identity and canopy structure exert distinct and differential influences on specific soil properties.

**Keywords:** Tree canopy cover, Forest degradation, Forest reserve, Soil nutrients, Soil quality

1. 1-*Quercus turbinella- green* [↑](#footnote-ref-1)
2. *-Larrea tridentata* [↑](#footnote-ref-2)