



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 Owliaie^{1*} , Ebrahim Adhami¹  and Sohrab Alvaninezhad²

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

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

* Corresponding author, Email: owliaie@yu.ac.ir

(Received: 25 July 2025; Revised: 19 August 2025; Accepted: 4 September 2025)

Abstract

Background and Objective: 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 wild pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.) and wild almond (*Prunus orientalis*), due to their specific biological traits, make substantial contributions for sustaining soil quality. This study was conducted to investigate the effects of the canopy cover of these species on selected soil physical and chemical properties and nutrient elements beneath the canopy in the Vezg forest area of Yasouj.

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* Desf. 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 physical and chemical properties and nutrient concentrations were measured using standard analytical procedures.

Results: The canopy cover of *Pistacia atlantica* Desf. 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, soil equivalent calcium carbonate content, 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.

How to Cite: Owliaie, H., Adhami, E., Alvaninezhad, S., 2025. 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). J. Soil Plant Interact. 16(3), 39-57 (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.47176/jspi.16.3.21691>





آثار تاج پوشش درختان بنه (*Pistacia atlantica* Desf.) و ارژن (*Prunus orientalis*) بر برخی ویژگی های خاک منطقه جنگلی وزگ (استان کهگیلویه و بویراحمد)

حمیدرضا اولیایی^{۱*}، ابراهیم ادهمی^۱ و سهراب الوانی نژاد^۲

۱- گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، ایران

۲- گروه جنگل، مرتع و آبخیز، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه یاسوج، ایران

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: owliaie@yu.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۵/۳؛ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۵/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۶/۱۳)

چکیده

پیشینه پژوهش و هدف: زیست بوم زاگرس به عنوان یکی از مهم ترین زیست بوم های جنگلی ایران، نقش بنیادین در حفظ تعادل اکولوژیک، صیانت از منابع آبی و پیشگیری از فرسایش خاک ایفا می کند. درختان بومی همچون بنه و ارژن به واسطه ویژگی های خاص زیستی خود، نقش مؤثری در پایداری کیفیت خاک دارند. این پژوهش با هدف بررسی اثر تاج پوشش این گونه ها بر برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی و عناصر غذایی خاک زیر سایه انداز در منطقه جنگلی وزگ یاسوج صورت گرفت.

روش ها: پژوهش با استفاده از یک طرح فاکتوریل در ۳ عمق (۲۰-، ۴۰-، ۶۰ سانتیمتری)، دو گونه (بنه و ارژن) و دو فاصله از تنه (زیر سایه انداز و بیرون سایه انداز) و در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار انجام شد. ویژگی های فیزیکی و شیمیایی و عناصر غذایی خاک با روش های استاندارد اندازه گیری شدند.

نتایج: تاج پوشش درختان بنه و ارژن در منطقه جنگلی وزگ، سبب تغییرات معناداری در بیشتر ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و عناصر غذایی خاک شد. به استثنای بافت خاک، سایر ویژگی ها به طور معناداری تحت تأثیر تاج پوشش هر دو گونه قرار گرفت؛ به گونه ای که میزان کربنات کلسیم معادل، pH و مقدار مس کاهش یافته و کربن آلی، رسانایی الکتریکی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن و منگنز خاک افزایش یافت. در میان عناصر بررسی شده، منگنز، نیتروژن و روی بیشترین تغییرات و فسفر، مس و پتاسیم کمترین تغییرات را تحت تأثیر تاج پوشش این گونه ها نشان دادند. همچنین اثر درخت ارژن بر افزایش عناصر غذایی خاک بیشتر از درخت بنه بود.

نتیجه گیری کلی: به طور کلی، حضور این گونه ها آثار مثبتی بر ویژگی های خاک همچون کربن آلی و عناصر غذایی دارند و از بین رفتن آن ها، به ویژه در اثر تغییر کاربری زمین، می تواند موجب کاهش چشم گیر کیفیت خاک و افزایش خطر فرسایش شود. همچنین نوع درخت و تاج پوشش آن آثار متفاوتی بر ویژگی های خاک دارند.

واژه های کلیدی: تاج پوشش درخت، تخریب جنگل، ذخیره گاه جنگلی، عناصر غذایی خاک، کیفیت خاک.



مقدمه

خاک یکی از ارکان اساسی بوم سازگان جنگل است که در تعامل با سایر عوامل، الگوی پراکنش پوشش جنگلی را تعیین می کند. در مقابل، درختان از طریق تاج پوشش خود با فراهم سازی مقادیر قابل توجهی ماده آلی با ترکیبات شیمیایی گوناگون، می توانند ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک و همچنین میزان عناصر غذایی آن را تحت تأثیر قرار دهند (Khanmohammadi and Matinizadaeh, 2023). در این شرایط، شناخت دقیق روابط میان تاج پوش درختان و ویژگی های خاک می تواند بستری مناسب برای طراحی الگوهای مؤثر در احیای پایدار جنگل ها، اصلاح روش های کشت و ارتقای بهره برداری اصولی از منابع جنگلی فراهم سازد (Haidari et al., 2022). تاج پوش درختان با تنظیم شدت تابش نور، دمای سطح خاک، میزان تبخیر و تعرق و نفوذ بارش، نقشی اساسی در ایجاد ریزاقليم و شرایط میکروزیستی زیر خود دارد. این شرایط به طور مستقیم فعالیت های زیستی، تجزیه مواد آلی و چرخه عناصر غذایی خاک را تحت تأثیر قرار می دهند (Bremen and Kessler, 1995).

درختان نقش مهمی در تعیین ویژگی های خاک داشته و نوع گونه گیاهی نیز در این زمینه از اهمیت زیادی برخوردار است. گیاهان عناصر غذایی را از خاک جذب کرده و به اندام های هوایی خود منتقل می کنند. پس از ریزش برگ ها و شاخه ها روی خاک و پوسیدگی آن ها، مواد آلی تشکیل شده و با تجزیه این مواد، عناصر غذایی موجود در آن ها آزاد می گردند (Amiotti et al., 2000). بررسی رابطه میان ویژگی های خاک در دو موقعیت «زیر تاج پوشش» و «فضای باز» برای توده های درخت کنار در منطقه ایزه نشان داد که میانگین کربن آلی خاک زیر تاج درختان، ۲۳/۵ درصد بیشتر از خاک بیرون از تاج است. همچنین، میزان پتاسیم قابل جذب، کربن و نیتروژن زیست توده میکروبی در خاک زیر تاج این درخت، به طور معناداری بیشتر از فضای بیرون از تاج بود (Bazgir et al., 2019). در پژوهشی دیگر Rostamizad et al. (2018) اثر تاج پوشش تک درختان بنه را بر ویژگی های شیمیایی خاک در منطقه سروآباد استان کردستان بررسی کردند.

نتایج آن ها نشان داد که درصد کربن آلی خاک در ناحیه درون تاج نسبت به بیرون آن، از ۶/۷۱ به ۴/۷۳ درصد کاهش یافت. با این حال، میزان نیتروژن در خاک زیر تاج درختان (۰/۴۰۶ درصد) نسبت به خاک بیرون از آن (۰/۲۲۴ درصد) بیشتر بود. حضور تاج پوشش گیاهی سبب افزایش میزان ماده آلی خاک به عنوان یکی از مهم ترین ویژگی های کیفی خاک می شود. افزایش ماده آلی می تواند بر سایر ویژگی های خاک از جمله رسانایی الکتریکی در نتیجه تجزیه و آزادسازی یون ها، pH، میزان عناصر غذایی و ویژگی های هیدرولیکی آن تأثیرگذار باشد. بر اساس نظرات (Buba, 2015)، ویژگی های خاک در زیر سایه انداز گیاهان چندساله، تحت اثر تاج پوشش و فعالیت های گسترده تر ریشه ها قرار می گیرد. گیاهان با ایجاد سایه، کاهش دمای سطح خاک و جلوگیری از برخورد مستقیم بارش، بر محیط پیرامون خود اثر می گذارند. این عوامل، با کاهش نفوذ مستقیم نور، بستری با کیفیت و کمیت متفاوت ایجاد می کنند که منجر به تغییر در ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک می شود. Wilson and Thompson (2005) به بررسی توزیع عناصر غذایی در خاک رویین نواحی زیر تاج و بیرون از تاج درخت کهور یا مسکویت (Mesquite) پرداختند. یافته های آن ها نشان داد که میزان نیتروژن، کربن و همچنین غلظت فسفر قابل جذب در خاک زیر تاج این درخت به طور معناداری بیشتر از مناطق بیرون از تاج است. همچنین، نتایج پژوهش Asadian et al. (2012) در طرح جنگل کاری منطقه الدان ساری نشان داد که در لایه صفر تا ۱۰ سانتی متری خاک، بیشترین میزان نیتروژن کل، درصد رطوبت و میزان کربنات کلسیم معادل مربوط به توده درختی زبان گنجشک 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 بررسی میدانی در شمال اتیوپی، گونه های درختی جنگلی تأثیر معناداری بر بهبود ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله کربن آلی، نیتروژن کل، فسفر در دسترس و پتاسیم تبادل داشتند. از بین گونه های بررسی شده، درخت گز آفریقایی (*Faidherbia albida*) بیشترین تأثیر را نشان داد. نتایج نشان داد

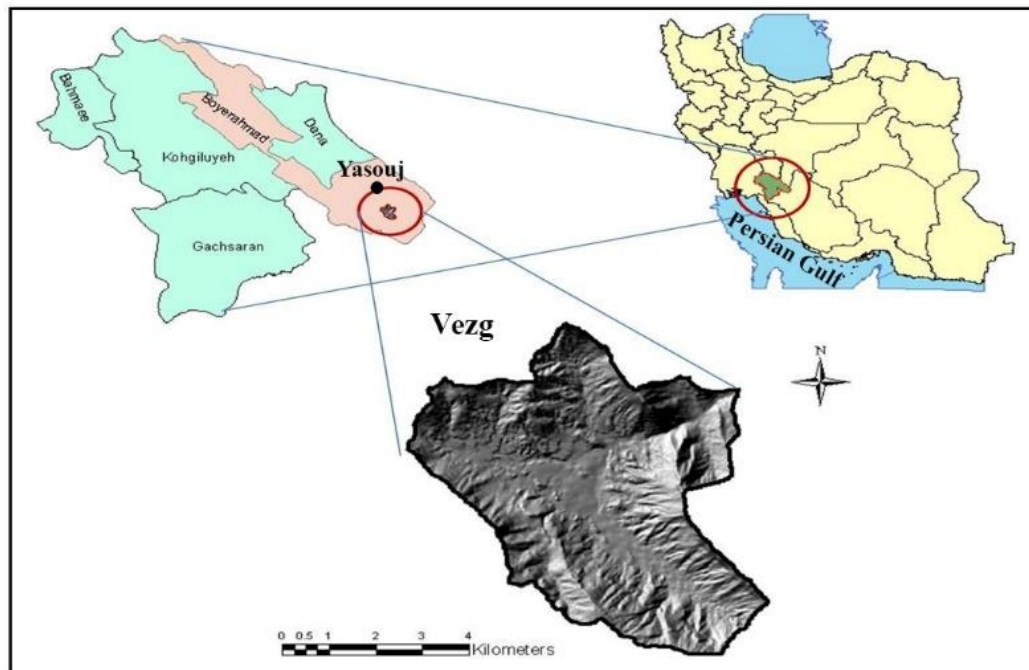
بسیاری از مناطق کشور (به‌ویژه در زیست‌بوم‌های نیمه‌خشک و خشک) دانسته‌های جامع و کافی در دسترس نیست. ایران یکی از موطن‌های چند گونه ارژن یا بادام‌کوهی (وحشی) (*Prunus orientalis*) متعلق به خانواده *Rosaceae* است. ارژن از مقاوم‌ترین گیاهان به خشکی و گرما در میان گیاهان مناطق معتدله شناخته می‌شود. این گیاه دارای گونه‌های زیادی است و اهمیت آن بیشتر به خاطر محافظت از خاک در مناطقی که خطر فرسایش خاک وجود دارد، است. 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 زیاد 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 بدون 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 داشته و خدمات حیاتی اکوسیستمی همچون تنظیم اقلیم، حفاظت از زیستگاه‌ها، حفظ خاک و کاهش فرسایش را ارائه می‌کنند. از این‌رو، 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 نابودی جنگل‌ها و تغییرات اقلیمی، در پی بهره‌برداری بی‌رویه از منابع جنگلی، گسترش زمین‌های کشاورزی، کاهش بارندگی و دیگر پیامدهای اقلیمی، منجر به نابودی تدریجی پوشش جنگلی، به‌ویژه در ناحیه زاگرس شده است. این روند نه تنها سبب کاهش پوشش گیاهی گردیده، بلکه

که حضور درختان در زمین‌های 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 (*Prosopis velutina*) اثر قابل توجهی بر ویژگی‌های خاک داشته و باعث افزایش عناصر غذایی مانند کلسیم، پتاسیم، منیزیم، ماده آلی و گنجایش تبادل کاتیونی در خاک زیر تاج‌های خود می‌شود (Comole et al. 2021).

(Sanjari 2021) به منظور بررسی اثر تاج‌پوشش درخت بنه بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و میکرومورفولوژی خاک‌ها در منطقه جیرفت، نمونه‌های خاک از چهار عمق در زیر تاج و بیرون تاج برداشت نمود. بر اساس نتایج، بیشترین و کمترین مقدار pH به ترتیب در خاک‌های شاهد و زیر تاج مشاهده شد و مقدار رسانایی الکتریکی خاک در زیر تاج درختان بیشتر از نمونه‌های شاهد است. میزان کربن آلی و گنجایش تبادل کاتیونی در خاک رویین در زیر تاج بیشتر از نمونه‌های شاهد بوده است.

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

تفاوت ویژگی‌های خاک در مناطق زیر تاج درختان نسبت به نواحی بیرونی، در پژوهش‌های مختلفی مورد تأکید قرار گرفته است. با این حال، علی‌رغم اهمیت بنیادین این موضوع، هنوز در



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد بررسی وزگ در استان کهگیلویه و بویراحمد.

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

پژوهش جامعی درباره اثر تاج پوشش این درختان بر ویژگی های خاک منطقه انجام نشده است. بنابراین، این پژوهش با هدف بررسی آثار درختان بنه و ارژن بر ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و عناصر تغذیه ای خاک سایه انداز در منطقه جنگلی وزگ انجام شد.

مواد و روش ها

منطقه مورد بررسی بخشی از حوزه آبخیز منطقه وزگ با وسعت ۳۰۸ هکتار در ۱۵ کیلومتری جنوب شرقی یاسوج در استان کهگیلویه و بویراحمد در محدوده طول ۵۶۳۳۷۰ تا ۵۶۴۳۴۱ متر شرقی و عرض ۳۳۷۶۴۹۷ تا ۳۳۷۷۴۳۰ متر شمالی (زون ۳۹) قرار گرفته است (شکل ۱). میانگین ارتفاع منطقه ۲۱۶۰ متر از سطح دریا است. در بررسی وضعیت آب و هوایی منطقه براساس داده های ۲۰ ساله ایستگاه هواشناسی یاسوج، میانگین بارندگی سالانه ۸۵۰ میلی متر و میانگین دمای سالانه، بیشینه و کمینه به ترتیب ۱۴/۴، ۶/۳ و ۲۲/۶ درجه سلسیوس بوده است.

فرآیندهای خاک زایی، 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 می دهد، که این میزان برابر با ۴۷ درصد وسعت کل استان است (Aghaei et al., 2023). از آنجا که پژوهش های انجام شده مرتبط با تنوع زیستی گیاهی و آثار آن ها بر خاک های جنگلی استان بسیار محدود بوده است، منطقه وزگ در ۱۵ کیلومتری جنوب شرق شهر یاسوج، برای انجام این پژوهش انتخاب شد. این منطقه دارای غنای گونه ای زیاد و تنوع زیستی قابل توجهی است که آن را به مکان مناسبی برای این پژوهش بدل می سازد. از مهم ترین گونه های درختی و درختچه ای این منطقه می توان به زبان گنجشک، 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 گونه های غالب در این منطقه هستند، اما تاکنون



شکل ۲. نمای کلی از منطقه مورد بررسی وزگ: درختان بنه (راست) و ارژن (چپ).

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

نمونه‌های گیاهی ابتدا با آب معمولی و سپس با آب مقطر شسته شده و در دمای ۶۵ درجه سلسیوس در آون خشک شدند. نمونه‌ها آسیاب شده و برای اندازه‌گیری عناصر یک گرم از آن‌ها در کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس خاکستر گردید، ۵ میلی لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال به آن افزوده شد تا نمونه‌ها حل شده و پس از آن، محلول مورد نظر از کاغذ صافی واتمن ۴۲ عبور داده شد. نمونه‌ها سپس به بطری حجمی ۵۰ میلی لیتری منتقل و به حجم رسانیده شد و تجزیه‌های آزمایشگاهی نمونه‌ها انجام گرفت.

نیتروژن کل نمونه‌های گیاهی با روش کلدال (Bremner, 1965)، اندازه‌گیری شد و عناصر آهن، منگنز، مس، کلسیم و منیزیم به وسیله قرائت با دستگاه جذب اتمی (Lindsay and Norvell, 1978)، پتاسیم با روش شعله‌سنجی، و فسفر با روش رنگ‌سنجی (Chapman and pratt, 1961) اندازه‌گیری شدند. در

بررسی وضعیت اقلیم منطقه با روش آمبرژه معرف اقلیم مرطوب سرد است.

در اجرای این پژوهش، از دو 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 برای این پژوهش انتخاب شدند که همگی دارای تاج‌پوشش وسیع بوده تا تفاوت ویژگی‌های خاک زیر سایه‌انداز و بیرون 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 داشته باشند. از هر درخت ۵ سرشاخه حدوداً ۵۰ سانتی‌متری مربوط به شاخه‌های جوان همان فصل رشد که همگی در جهت شمال قرار داشتند، جمع‌آوری شد (شکل ۲) و با استفاده از آنها یک نمونه ترکیبی تهیه شد.

جدول ۱. نتایج تجزیه برگ درختان مورد بررسی 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 Elements	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	آهن Fe	منگنز Mn	روی Zn	مس Cu
	(%)						
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

نتایج و بحث

جدول ۱ نتایج تجزیه برگ درختان بنه و ارژن و غلظت عناصر موجود در آنها را نشان می دهد. مقادیر فسفر، مس و آهن در برگ های بنه بیشتر بود، در حالی که منگنز و روی در برگ های ارژن مقادیر بیشتری داشتند؛ 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 می کند (Liang et al., 2024).

جدول ۲ تجزیه واریانس اثر عمق، موقعیت نمونه برداری (زیر سایه انداز و بیرون آن) و بر همکنش آنها بر ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک های مناطق مورد بررسی را نشان می دهد. بر اساس نتایج این جدول، پوشش گیاهی بنه و ارژن بر بافت خاک درون و بیرون سایه انداز اثر معناداری نداشت. همچنین نوع گونه و عمق نمونه برداری 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 دو گونه معنادار نبوده اند (جدول ۳). بافت خاک از ویژگی های نسبتاً پایدار خاک به شمار می رود که به طور معمول تغییر آن در نتیجه عوامل خاک ساز در زمان محدود، اندک است. با این حال جریان های آب و باد، نیروی ثقل و مداخله های انسانی می توانند موجب تغییر در نسبت ذرات و بافت خاک شوند. در پژوهش صورت گرفته توسط Shukla et al. (2006) در نیومکزیکو در کشور آمریکا، میزان سیلت و رس بیشتری در زیر سایه انداز بلوط

مکان نمونه برداری گیاهی، یک خاک رخ در زیر سایه انداز و یک خاک رخ در بیرون سایه انداز (جمعاً ۱۶ خاک رخ) همگی در یک سمت معین از تنه درخت حفر شد و از هر خاک رخ از ۳ لایه ۰-۲۰، ۲۰-۴۰ و ۴۰-۶۰ سانتی متری نمونه برداری خاک صورت گرفت (جمعاً ۴۸ نمونه خاک). نمونه های خاک پس از خشک کردن و عبور از الک ۲ میلی متری، برای تعیین pH در خمیر اشباع خاک، رسانایی الکتریکی عصاره اشباع خاک با کاربرد رسانایی-سنج الکتریکی، میزان مواد آلی با کاربرد روش اکسایش با کرومیک اسید (Jackson, 1975)، کربنات کلسیم معادل با کاربرد روش خشتی کردن با اسید کلریدریک (Alison and Moodie, 1965)، نیتروژن کل با روش کج لادال (Bremner, 1965) و فسفر خاک با روش اولسن (Olsen et al., 1954) مورد آزمایش قرار گرفت. پتاسیم قابل استفاده با عصاره گیری به وسیله استات آمونیم یک نرمال، سپس قرائت به روش شعله سنجی اندازه گیری شد (Richards, 1954). آهن، منگنز، روی و مس پس از عصاره گیری با DTPA (Lindsay and Norvell, 1978)، به وسیله دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شدند. تعیین بافت خاک به روش هیدرومتری (Day, 1965) صورت گرفت.

داده های این پژوهش در قالب یک طرح فاکتوریل ۳×۲×۲ (به ترتیب سه لایه ۰-۲۰، ۲۰-۴۰ و ۴۰-۶۰ سانتی متری، دو گونه گیاهی بنه و ارژن و دو فاصله از تنه درخت شامل زیر سایه انداز و بیرون سایه انداز) در ۴ تکرار تجزیه آماری شد. آزمون های F-Test و Duncan's Multiple Range Test و مقایسه میانگین ها به وسیله نرم افزار MSTATC انجام شد.

جدول ۲. تجزیه واریانس ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد بررسی در منطقه وزگ

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

میانگین مربعات							درجه	منابع تغییر
کربن آلی	کربنات کلسیم	واکنش خاک	رسانایی الکتریکی	رس	سیلت	شن	آزادی	Source of variation
Organic carbon	معادل	pH	Electerical conductivity (EC)	Clay	Silt	Sand	df	
	Calcium carbonate equivalent (CCE)							
0.023 ^{ns}	613.1 ^{**}	0.435 ^{**}	0.12 ^{**}	192.6 ^{ns}	45.8 ^{ns}	204 [*]	1	گونه
								Species
1.62 ^{**}	608.3 ^{**}	0.366 ^{**}	0.074 ^{**}	44.1 ^{ns}	33.3 ^{ns}	0.75 ^{ns}	1	موقعیت
								Location
1.09 ^{**}	1178.1 ^{**}	0.249 ^{ns}	0.093 ^{**}	1.02 ^{ns}	15.4 ^{ns}	10.2 ^{ns}	2	عمق
								Depth
0.071 ^{ns}	3.36 ^{ns}	0.017 [*]	0.02 ^{ns}	10.1 ^{ns}	6.75 ^{ns}	33.3 ^{ns}	1	گونه×موقعیت
								Species×Location
0.008 ^{ns}	164.2 ^{**}	0.009 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.33 ^{ns}	2.9 ^{ns}	4.6 ^{ns}	2	گونه×عمق
								Species×Depth
0.054 ^{ns}	6.32 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.001 ^{ns}	4.1 ^{ns}	17.2 ^{ns}	6.1 ^{ns}	2	موقعیت×عمق
								Location×Depth
0.001 ^{ns}	8.11 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.001 ^{ns}	14.6 ^{ns}	21.4 ^{ns}	1.02 ^{ns}	2	گونه×موقعیت×عمق
								×Depth×Location
0.024	26.4	0.004	0.007	66.2	18.6	48.1	36	Species
								Error خطا
							47	Total کل
23.8	7.1	12.9	20.1	9.2	8.1	11.5		ضریب تغییرات
								CV (%)

ns, * و ** به ترتیب بیانگر اثر غیرمعنی‌دار، و اثر معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد است.

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

گز نسبت به بیرون سایه‌انداز افزایش یافت، ولی در زیر سایه‌انداز تاغ کاهش داشته است. اختلاف در شکل ظاهری دو گونه مورد بررسی و در نهایت تفاوت در تجمع ذرات معلق در باد از دلایل این امر برشمرده شده است. 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 نبوده و در نتیجه به دلایل یادشده، تاج‌پوشش درختان مورد بررسی اثر معناداری بر بافت خاک نداشته‌اند.

گزارش شد. آنان دلیل این یافته را به دام افتادن ذرات شن معلق در باد، در خاک روئین زیر سایه‌انداز می‌دانند. در منطقه مورد بررسی وزگ عواملی چون ناهمواری زمین، بادخیز نبودن و پوشش گیاهی مناسب، مانعی احتمالی برای حرکت ذرات خاک بوده است. تاج‌پوشش درختان بلوط در سه منطقه جنگلی در شرق استان کهگیلویه و بویراحمد نیز بر بافت خاک اثری نداشته‌اند (Owliaie et al., 2011). پژوهش (Li et al. (2007 بر روی درختان گز و تاغ نشان داد که میزان ذرات شن در زیر سایه‌انداز

جدول ۳. مقایسه میانگین ویژگی های اندازه گیری شده در لایه های مختلف خاک به تفکیک گونه در منطقه وزگ.

Table 3. Mean' comparison of the properties measured at different soil layers across species in the Vezg region.

کربن آلی Organic carbon	کربنات کلسیم معادل Calcium carbonate equivalent (CCE)	واکنش خاک pH	رسانائی الکتریکی Electrical conductivity (EC)	رس Clay	سیلت Silt	شن Sand	تیمارها Treatments
----- % -----			dS m ⁻¹	----- % -----			گونه و لایه خاک
بنه (Wild pistachio)							
1.28 ^a	70.2 ^c	7.64 ^a	0.55 ^a	19.8 ^a	53.0 ^a	27.1 ^a	0–20 cm
0.86 ^b	78.2 ^b	7.67 ^a	0.53 ^a	20.1 ^a	52.7 ^a	27.3 ^a	20–40 cm
0.79 ^b	84.1 ^a	7.66 ^a	0.46 ^b	20.1 ^a	50.7 ^a	29.2 ^a	40–60 cm
0.98	77.5	7.66	0.51	20.0	52.1	27.8	میانگین Average
ارژن (Wild almond)							
1.18 ^a	79.4 ^a	7.49 ^a	0.40 ^a	23.7 ^a	54.0 ^a	22.3 ^a	0–20 cm
0.83 ^b	83.9 ^b	7.46 ^a	0.36 ^{ab}	23.9 ^a	54.8 ^a	21.2 ^a	20–40 cm
0.74 ^b	84.9 ^b	7.43 ^a	0.31 ^b	24.6 ^a	53.2 ^a	22.3 ^a	40–60 cm
0.92	82.7	7.46	0.36	24.0	54.0	21.9	میانگین Average

میانگین های هر ستون که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی دار ندارند.

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

سایه انداز می شود. همچنین اسیدهای آلی که از تجزیه مواد آلی تولید می شوند، به انحلال بیشتر کانی ها و آزادسازی یون ها کمک می نماید (Morshedi, 2009; Hunting et al., 2021). وضعیت خاک زیر سایه انداز چهار گونه درخت آکاسیا در جنوب ایران بررسی شدند. نتایج پژوهش یاد شده نشان داد که رسانایی الکتریکی خاک در سایه انداز این گیاهان به طور معنی داری بیشتر بوده است. فعالیت بیشتر ریزجانداران در ناحیه تاج پوشش به دلیل وجود منابع انرژی (مواد آلی)، منجر به افزایش ترشح اسیدهای آلی و افزایش میزان یون ها در ناحیه ریشه می گردد که افزایش رسانایی الکتریکی خاک را در پی دارد (Falah Shojaei, 2005). رسانایی الکتریکی خاک رویشگاه کاج در ایالت اورگان آمریکا از سمت تنه درخت به بیرون سایه انداز روند کاهشی و تدریجی را نشان داد؛ همچنین مقدار رسانایی الکتریکی از سطح به عمق روند کاهشی نشان داده است (Everett et al., 1986).

آثار درختچه مرتعی سالسولا در کشور چین توسط Zheng et al. (2008) بررسی شد. نتایج نشان داد که رسانایی الکتریکی خاک در زیر سایه انداز گیاه افزایش داشته است. همچنین با

هر سه عامل گونه درختی، موقعیت نمونه برداری و عمق خاک بر رسانایی الکتریکی خاک اثر معناداری داشته است (جدول ۲). میزان رسانایی الکتریکی خاک در هر دو گونه در زیر سایه انداز بیشتر از بیرون سایه انداز بوده است (۶۵٪ و ۴۲٪ دسی زیمنس بر متر در درخت بنه و ۵۳٪ و ۳۵٪ دسی زیمنس بر متر در درخت ارژن) (جدول ۴). تغییرات عمقی میزان رسانایی الکتریکی خاک در هر دو گونه روند کاهشی و معناداری را نشان داده است. میانگین رسانایی الکتریکی در خاک بنه بیشتر از ارژن بوده است (۵۱٪ در برابر ۳۶٪ دسی زیمنس بر متر). در این بررسی تاج پوشش به ترتیب سبب افزایش ۵۵ و ۵۱ درصدی رسانایی الکتریکی در خاک سایه انداز بنه و ارژن شد. نتایج پژوهش ها نیز با نتیجه این بررسی مشابه بوده است (Owliaie et al., 2011; Falah Shojaei, 2005).

خاک زیر سایه انداز درختان به علت تجمع بیشتر مواد آلی، فعالیت زیستی بیشتر، رطوبت پایدارتر و ورودی عناصر از تاج-پوشش، دارای غلظت بیشتری از یون های محلول است و همین عامل سبب رسانایی الکتریکی بیشتر آن نسبت به خاک بیرون

جدول ۴. مقایسه میانگین ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در نمونه‌های خاک سایه‌انداز و بیرون سایه‌انداز درختان بنه و ارژن در منطقه وزگ.

Table 4. Mean's comparison of the measured properties in soil samples collected under and outside the canopy of wild pistachio and wild almond trees in the Vezg region.

تیمارها	شن	سیلت	رس	رسانائی الکتریکی	واکنش خاک	کربنات کلسیم معادل	کربن آلی
	sand	Silt	Clay	EC	pH	CCE	Organic carbon
	-----%	-----%		dSm ⁻¹		----- %	----- %
بنه (Wild pistachio)							
زیر سایه‌انداز (Inside canopy)	27.8 ^a	52.7 ^a	19.5 ^a	0.65 ^a	7.46 ^b	60.8 ^b	1.16 ^a
بیرون سایه‌انداز (Outside canopy)	28.4 ^a	51.4 ^a	20.2 ^a	0.42 ^b	7.76 ^a	66.6 ^a	0.89 ^b
میانگین Average	28.1	52.1	19.85	0.54	7.61	63.7	1.02
ارژن (Wild almond)							
زیر سایه‌انداز (Inside canopy)	21.6 ^a	53.7 ^a	24.7 ^a	0.53 ^a	7.45 ^b	67.8 ^b	1.03 ^a
بیرون سایه‌انداز (Outside canopy)	23.0 ^a	53.7 ^a	23.3 ^a	0.35 ^b	7.77 ^a	73.2 ^a	0.72 ^b
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 تفاوت معنی‌دار ندارند.

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

میزان آبشویی کاتیون‌های قلیایی، تغییر در هدایت هیدرولیکی خاک و ترشح ترکیبات شیمیایی از ریشه گیاهان بوده است (Owliaie et al., 2011). در پژوهش‌های صورت گرفته در فرانسه (Hinsinger et al., 2003) اعلام نمودند که تولید CO₂ در نتیجه تنفس ریشه، pH یک خاک آهکی را از ۸/۳ به ۶/۷ کاهش داده است. در پژوهشی در جنگل‌های اسپانیا گزارش شد که گونه‌های راش و بلوط توانایی بیشتری در کاهش pH خاک نسبت به افرا دارند (Moreno et al., 2007). در پژوهشی در مناطق جنگلی هندوستان اعلام شد که با افزایش سن درختان جنگلی، pH خاک زیر سایه‌انداز گیاهان، کاهش قابل توجهی داشته و بیان شد که این کاهش به علت تجزیه بقایای گیاهی و ترشح اسیدهای آلی در خاک زیر سایه‌انداز گیاهان می‌باشد (Sharma, 2001). اسیدهای آلی تولیدشده از تجزیه لاشبرگ‌های گیاهی، سبب تغییر در نسبت کاتیون‌های قلیایی مانند کلسیم و منیزیم و کاتیون‌های اسیدی آهن و آلومینیوم در خاک شده که در نهایت تغییر در pH خاک را سبب می‌شوند (Finzi et al., 1998).

مقایسه نمونه‌های رویین و زیرین گزارش کردند که رسانایی الکتریکی با افزایش عمق خاک به طور چشم‌گیری کاهش می‌یابد. نتایج مشابهی مبنی بر رسانایی الکتریکی بیشتر خاک در زیر سایه‌انداز درختان بلوط در پژوهشی در جنگل‌های زاگرس منتشر شده است (Owliaie et al., 2011).

نوع گونه و موقعیت بر واکنش (pH) خاک اثر معناداری داشت (جدول ۲). میزان pH خاک در زیر سایه‌انداز در هر دو گونه کمتر از بیرون سایه‌انداز بود (۷/۴۶ و ۷/۷۶ در درخت بنه و ۷/۴۵ و ۷/۷۷ در درخت ارژن) (جدول ۴). تغییرات عمقی pH خاک در هر دو گونه روند معناداری را نشان نداده‌است، هر چند مقدار میانگین pH خاک در خاک بنه بیشتر از ارژن (۷/۶۶ در برابر ۷/۴۶) بوده است (جدول ۳). پژوهش‌های نسبتاً زیادی مرتبط با اثر پوشش گیاهی و به ویژه تاج‌پوشش درختی بر واکنش خاک انجام گرفته است (Moreno et al., 2007; Finzi et al., 1998). این آثار شامل آثار شیمیایی فعالیت ریزجانداران، تغییر در میزان تولید دی-اکسید کربن در نتیجه تنفس ریشه و ریزجانداران خاک، تغییر در

حضور تاج‌پوشش بلوط موجب کاهش معنادار pH خاک در زیر سایه‌انداز نسبت به بیرون آن در مناطق جنگلی شهرستان بویراحمد (به میزان ۰/۶۸ واحد و ۰/۳۱ واحد به ترتیب در افق‌های روئین و زیرین خاک) شده است (Owliaie et al., 2011).

نوع گونه، موقعیت و عمق همگی بر کربنات کلسیم معادل (CCE) خاک اثر معناداری داشته است (جدول ۲). میزان CCE خاک در هر دو گونه در زیر سایه‌انداز کمتر از بیرون سایه‌انداز بوده است (۰/۸ و ۰/۶۶ درصد در درخت بنه و ۰/۶۷ و ۰/۷۳ درصد در درخت ارژن) (جدول ۴). برهمکنش گونه و عمق بر میزان CCE تغییرات عمقی آن در هر دو گونه روند افزایشی و معناداری را نشان داده است. میانگین CCE در خاک بنه کمتر از ارژن (۷۷/۵ در برابر ۸۲/۷ درصد) بوده است (جدول ۳).

کمتر بودن pH خاک در زیر تاج‌پوشش ناشی از فعالیت ریزجاندانان و تولید دی‌اکسید کربن که در ترکیب با آب خاک منجر به تولید اسید کربنیک شده و در نتیجه افزایش حلالیت کربنات کلسیم را سبب می‌شود. نفوذپذیری بیشتر خاک زیر تاج-پوشش به دلیل تخلخل زیادتر، منجر به آبشویی سریع‌تر کربنات-کلسیم از این ناحیه می‌گردد. در بررسی اثر گونه‌های تاغ و گز بر ویژگی‌های خاک در شرق استان فارس، (Tajaldini 2008) گزارش نمود که CCE از ۲۳/۳ درصد در زیر تاج‌پوشش به ۲۸/۸ درصد در بیرون آن افزایش یافته است. روند مشابهی توسط Morshedi (2009) در پژوهشی در ارتباط با اثر درختان دافنه و بادام‌کوهی در منطقه یاسوج گزارش شد. ریشه‌های درختان می-توانند حفره‌ها 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 کربنات-کلسیم معادل (از ۱۴ درصد در زیر تاج‌پوشش به ۲۵ درصد در بیرون آن) شده است (Owliaie et al., 2011).

موقعیت و عمق بر میزان کربن آلی خاک اثر معناداری داشته-است (جدول ۲). میزان کربن آلی خاک در هر دو گونه در زیر

سایه‌انداز بیشتر از بیرون سایه‌انداز بوده است (۱/۱۶ و ۰/۸۹ درصد در درخت بنه و ۱/۰۳ و ۰/۷۲ درصد در درخت ارژن) (جدول ۴). تغییرات عمقی میزان کربن آلی خاک در هر دو گونه روند کاهشی و معناداری را نشان داده‌است. نوع گونه بر میزان کربن آلی خاک اثر معناداری نداشته است (جدول ۲). موقعیت و عمق بر میزان کربن آلی خاک اثر معناداری داشته است (جدول ۲). تغییرات عمقی میزان کربن آلی در هر دو گونه روند کاهشی و معناداری را نشان داده است (جدول ۳). در مجموع تاج‌پوشش به ترتیب موجب افزایش ۵۵ و ۵۱ 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 است، رابطه معناداری بین این دو عامل وجود داشته و الگوهای تغییرات مکانی این دو بسیار شبیه هستند. موقعیت و عمق بر میزان نیتروژن کل خاک اثر معناداری داشته‌است (جدول ۵). میزان نیتروژن کل در هر دو گونه در زیر سایه‌انداز بیشتر از بیرون سایه‌انداز بوده است (۰/۰۶۱ و ۰/۰۴۵ درصد در درخت بنه و ۰/۰۵۸ و ۰/۰۳۷ درصد در درخت ارژن) (جدول ۶). تغییرات عمقی میزان نیتروژن کل در هر دو گونه روند کاهشی و معناداری را نشان داده‌است (جدول ۷). نوع گونه بر میزان نیتروژن کل خاک اثر معناداری نداشته است (جدول ۵). در مجموع تاج-پوشش به ترتیب موجب افزایش ۵۲ و ۴۸ درصدی نیتروژن کل در خاک سایه‌انداز بنه و ارژن شد.

در ارتباط با آثار پوشش گیاهی بر مقدار کربن آلی و نیتروژن خاک پژوهش‌های زیادی انجام شده‌است. توزیع مکانی نیتروژن در خاک زیر درخت بلوط در جنگل‌های ایالت کالیفرنیا بررسی شد. نتایج نشان داد که غلظت نیتروژن خاک در نزدیک تنه درخت، کمترین مقدار و در وسط تاج‌پوشش، بیشینه و در لبه سایه‌انداز مجدد غلظت کاهش می‌یابد (Moody and Jones, 2000). Zheng et al. (2008) بیان کردند که مقدار نیتروژن کل در خاک زیر سایه‌انداز درخت سالسولا ۴ تا ۵ برابر بیشتر از بیرون آن است. Mlambo et al. (2005) در جنوب آفریقا با بررسی درباره گیاه کلوفوسپریوم موپانا، میزان کربن آلی در خاک

جدول ۵. تجزیه واریانس عناصر غذایی خاک‌های مورد بررسی در منطقه وزگ.

Table 5. Analysis of variance of soil nutrients in the studied soils in the Vezg region.

منابع تغییر	درجه آزادی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	مس	روی
Source of variation	df	N	P	K	Fe	Mn	Cu	Zn
گونه	1	0.0 ^{ns}	12.8*	9318**	5.36**	25.1**	0.287*	0.042 ^{ns}
Species								
موقعیت	1	0.003**	6.2*	3841**	4.38*	13.8**	0.265*	0.221**
Location								
عمق	2	0.002**	48.3*	15628**	6.28*	42.6**	0.222*	0.207**
Depth								
گونه×موقعیت	1	0.0 ^{ns}	0.44 ^{ns}	588 ^{ns}	0.039 ^{ns}	0.23 ^{ns}	0.018 ^{ns}	0.063 ^{ns}
Species×Location								
گونه×عمق	2	7.5 ^{ns}	0.42 ^{ns}	1137 ^{ns}	0.36 ^{ns}	2.38 ^{ns}	0.123 ^{ns}	0.01 ^{ns}
Species×Depth								
موقعیت×عمق	2	0.0 ^{ns}	10.4 ^{ns}	468 ^{ns}	0.698 ^{ns}	1.66 ^{ns}	0.37 ^{ns}	0.036 ^{ns}
Location×Depth								
گونه×موقعیت×عمق	2	8.4 ^{ns}	6.5 ^{ns}	203 ^{ns}	0.073 ^{ns}	1.32 ^{ns}	0.026 ^{ns}	0.018 ^{ns}
Species×Depth×Location								
خطا	36	5.8	11.1	633	0.337	1.25	0.058	0.025
Error								
کل	47							
ضریب تغییرات (%)		22.7	22.0	7.3	23.4	18.9	26.2	30.4
CV (%)								

ns, * و ** به ترتیب بیانگر اثر غیرمعنی‌دار، و اثر معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد است.

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

موقعیت قرار داشته و مقدار آن در زیر سایه‌انداز بیشتر از بیرون سایه‌انداز بوده است (۸/۷۹ و ۵/۶۶ میلی گرم بر کیلوگرم خاک) (جدول ۶). تغییرات عمقی میزان فسفر در هر دو گونه روند کاهشی و معناداری را نشان داده است. میانگین فسفر در خاک بنه بیشتر از ارژن (۹/۸۶ در برابر ۶/۹۲ میلی گرم بر کیلوگرم خاک) بوده است (جدول ۷). میزان افزایش فسفر ناشی از اثر تاج پوشش در درختان بنه و ارژن به ترتیب ۵۵ و ۱۲ درصد بوده است. این اختلاف همچنین با میزان بیشتر فسفر در برگ درخت بنه در مقایسه با ارژن (۰/۴ در برابر ۰/۱۴ میلی گرم بر کیلوگرم) همخوانی داشته است (جدول ۸). (Li et al. (2007) همبستگی معنی‌داری بین فسفر قابل استفاده و مقدار ماده آلی خاک به دست

زیر سایه‌انداز گیاه را به طور معنی‌داری در لایه صفر تا ۱۰ سانتی‌متری بیشتر از بیرون از سایه‌انداز به دست آوردند. بررسی تاثیر تاج پوشش درختان اوکالپتوس در استرالیا در دو خاک با حاصلخیزی‌های کم و زیاد نشان داد که مقدار نیتروژن بیشتری در منطقه سایه‌انداز وجود داشته است (Jackson and Ash, 2001). Gallardo et al. (2003) میزان نیتروژن معدنی در خاک زیر سایه‌انداز بلوط در یک اقلیم مدیترانه‌ای را بیشتر از بیرون سایه‌انداز به دست آورد.

هر سه عامل نوع گونه، موقعیت نمونه‌برداری و عمق خاک در سطح ۵ درصد بر میزان فسفر خاک اثر معناداری داشته‌اند (جدول ۵). میزان فسفر خاک تنها در درخت بنه تحت تاثیر

جدول ۶. مقایسه میانگین عناصر غذایی اندازه گیری شده در نمونه های خاک سایه انداز و بیرون سایه انداز بنه و ارژن در منطقه وزگ.

Table 6. Mean's comparison of the measured nutrient elements in soil samples collected under and outside the canopy of wild pistachio and wild almond trees in the Vezg region.

نیتروژن	فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	مس	روی	
N	P	K	Fe	Mn	Cu	Zn	
mg kg ⁻¹							%
(Wild pistachio) بنه							
0.061 ^a	8.79 ^a	149.5 ^a	2.06 ^a	4.93 ^a	0.44 ^b	0.38 ^a	زیر سایه انداز
0.045 ^b	5.66 ^b	138.7 ^b	1.42 ^b	3.18 ^b	0.64 ^a	0.31 ^a	بیرون سایه انداز (Outside canopy)
0.053	7.22	144.1	1.74	4.06	0.54	0.34	میانگین Average
(Wild almond) ارژن							
0.058 ^a	6.37 ^a	124.7 ^a	2.81 ^a	3.79 ^a	0.63 ^b	0.52 ^a	زیر سایه انداز (Inside canopy)
0.037 ^b	5.70 ^a	102.4 ^b	2.19 ^b	2.21 ^b	0.75 ^a	0.31 ^b	بیرون سایه انداز (Outside canopy)
0.047	6.03	113.5	2.50	3.0	0.69	0.41	میانگین Average

میانگین های هر ستون که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی دار ندارند.

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 ۷. مقایسه میانگین عناصر غذایی اندازه گیری شده در عمق های مختلف خاک به تفکیک گونه در منطقه وزگ.

Table 7. Mean's comparison of the measured nutrient elements at different soil depths across species in the Vezg region.

نیتروژن	فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	مس	روی	تیمارها
N	P	K	Fe	Mn	Cu	Zn	Treatments
mg kg ⁻¹							گونه و لایه خاک
(Wild pistachio) بنه							
0.13 ^a	12.6 ^a	189 ^a	5.2 ^a	9.01 ^a	1.15 ^a	0.59 ^a	0-20 cm
0.09 ^b	9.96 ^{ab}	134 ^b	3.06 ^b	5.06 ^b	0.86 ^b	0.26 ^b	20-40 cm
0.08 ^b	7.03 ^b	117 ^c	2.78 ^b	4.87 ^b	0.78 ^b	0.30 ^b	40-60 cm
0.10	9.86	146.6	3.68	6.31	0.93	0.38	میانگین Average
(Wild almond) ارژن							
0.12 ^a	8.96 ^a	144 ^a	2.18 ^a	4.00 ^a	0.89 ^a	0.48 ^a	0-20 cm
0.08 ^b	6.44 ^b	107 ^b	1.76 ^b	2.21 ^b	0.46 ^b	0.28 ^b	20-40 cm
0.07 ^b	5.38 ^b	97.2 ^c	1.52 ^b	1.90 ^b	0.54 ^b	0.45 ^a	40-60 cm
0.09	6.92	116.0	1.82	2.70	0.63	0.40	میانگین Average

میانگین های هر ستون که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی دار ندارند.

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

نیاوردند، اما بیان کردند که مقدار فسفر کل، متناسب با افزایش ماده آلی فزونی می یابد. ریشه گیاهان و ریزجانداران با ترشح

آنزیم اسید فسفاتاز و فیتاز موجب ایجاد ترکیبات آلی و افزایش قابلیت جذب فسفر می شود. در پژوهشی Balamurgan et al.

پتاسیم در هر دو گونه روند کاهشی و معناداری را نشان داده است (جدول ۷). میانگین پتاسیم در خاک بنه بیشتر از ارژن (۱۴۶/۶ در برابر ۱۱۶/۰ میلی گرم بر کیلوگرم خاک) بوده است (جدول ۷). میزان افزایش پتاسیم ناشی از اثر تاج پوشش در درختان بنه و ارژن به ترتیب ۸ و ۲۲ درصد بوده است. بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۱ مقدار پتاسیم در برگ درخت ارژن بیشتر از درخت بنه بوده است (۶۲/۰ در برابر ۵۴/۰ میلی گرم 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 روین، میانی و زیرین به ترتیب برابر ۶۶۷، ۳۸۴ و ۲۱۹ میلی گرم در کیلوگرم خاک بوده است (Owliaie et al., 2011). Mishra et al. (2003) تفاوت معنی داری بین میزان پتاسیم در زیر سایه انداز و بیرون سایه انداز درختان اوکالپتوس ۳ و ۶ ساله به ترتیب تا اعماق ۶۰ و ۱۵۰ سانتی متری مشاهده نموده و دلایل افزایش چشم گیر پتاسیم قابل استفاده در زیر سایه انداز را به آزاد شدن پتاسیم از کانی های پتاسیم دار یا آزاد شدن آن از تجزیه لاشبرگ ارتباط داده اند. در پژوهشی (Brejda 1998) با بررسی اکوسیستمی که گونه ی بلوط^۱ در آن غالب بود، بیان نمود که مقدار پتاسیم قابل تبادل در زیر سایه انداز بیشتر از بیرون سایه انداز است. همچنین (Karimian and Razmi 1990) نیز دلایل افزایش پتاسیم در زیر سایه انداز بوته ها، تجمع مواد آلی در زیر سایه انداز این بوته ها و افزایش فعالیت بیوشیمیایی و در نتیجه آزاد شدن پتاسیم از کانی های پتاسیم دار منطقه دانستند. با بررسی درختان اوکالپتوس افزایش معنی داری در پتاسیم قابل استفاده در محدوده زیر سایه انداز گیاهان مشاهده شد (Jackson and Ash 2001). در پژوهش دیگری (Perkins et al. 2006) با بررسی خاک سه ناحیه زیر، لبه و بیرون سایه انداز نوعی گیاه مرتعی به نام لاریا تریدنتاتا^۲ به این نتیجه رسیدند که میزان پتاسیم قابل استفاده از زیر به بیرون سایه انداز کاهش داشته و در زیر سایه انداز به طور معنی داری بیشتر است. افزایش ترشح اسیدهای آلی توسط

(2000) میزان فسفر قابل استفاده در خاک زیر سایه انداز درختان اوکالپتوس را ۹/۹-۱۳/۹ کیلوگرم در هکتار و در بیرون از سایه-انداز ۹/۳-۱۰/۹ کیلوگرم در هکتار را گزارش کردند. همچنین (Jackson and Ash 2001) با بررسی تاثیر درختان اوکالپتوس در دو خاک با حاصلخیزی کم و زیاد، مشاهده نمودند که مقدار فسفر قابل استفاده خاک در منطقه سایه انداز بیشتر است. در خاک با حاصلخیزی کم، فسفر قابل استفاده از ۶ میلی گرم در کیلوگرم در منطقه بیرون از سایه انداز به ۸ میلی گرم در زیر سایه انداز، و در خاک با حاصلخیزی بیشتر، فسفر قابل استفاده از ۳۵ به ۵۴ میلی گرم در کیلوگرم در زیر سایه انداز افزایش یافته بود. نتایج پژوهش (Wilson and Thompson 2005) نشان داد که درخت مسکویت (کهور) غلظت فسفر قابل استفاده در زیر سایه انداز را به طور معنی داری افزایش می دهد. آنان دلیل این یافته را افزایش فسفر گیاه در فصل تابستان و ریزش و تجزیه بقایای گیاهی در زیر سایه انداز می دانند. با بررسی خاک زیر سایه انداز و بیرون سایه انداز ۵۷ گونه مرتعی مشاهده شد که فسفر قابل استفاده خاک زیر سایه انداز به طور معنی داری بیشتر از بیرون آن بوده و با افزایش عمق مقدار آن کاهش چشم گیری دارد (Wezel et al. 2000). آنان دلیل این امر را افزایش ماده آلی در زیر سایه انداز گیاه می دانند، چون ماده آلی یکی از عوامل مهم در ذخیره عناصر غذایی به ویژه در خاک های فقیر است. عنصر پرمصرف فسفر نیز تحت تاثیر درخت بلوط افزایش معناداری را در اکثر مناطق و اعماق نشان داده است. این افزایش در اعماق سه گانه نمونه-برداری شده از سطح به عمق به ترتیب به میزان ۱۵/۶، ۲/۲ و ۳/۳ میلی گرم در کیلوگرم خاک بوده است (Owliaie et al., 2011).

هر سه عامل نوع گونه، موقعیت نمونه برداری و عمق خاک همگی در سطح ۵ درصد بر میزان پتاسیم خاک اثر معناداری داشته اند (جدول ۵). میزان پتاسیم در هر دو گونه در زیر سایه انداز بیشتر از بیرون سایه انداز بوده است (۱۴۹/۵ و ۱۳۸/۷ درصد در درخت بنه و ۱۲۴/۷ و ۱۰۲/۴ میلی گرم بر کیلوگرم خاک در درخت ارژن) (جدول ۶). تغییرات عمقی میزان

2. *Larrea tridentata*1. *Quercus turbinella- green*

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 شود. اهمیت این عناصر به‌ویژه در خاک‌های قلیایی یا آهکی افزایش می‌یابد، چرا که در این شرایط، فراهمی ریزمغذی‌ها محدودتر است (Marschner, 2012). بیشترین غلظت عناصر کم‌مصرف مانند آهن، منگنز، مس و روی در ناحیه دوسوم شعاع تاج درخت کاج مشاهده شده است، 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 اثر معناداری بر مقدار عنصر روی داشتند (جدول ۵). با این حال، اثر موقعیت در گونه بنه معنادار نبود، ولی در گونه ارژن، مقدار روی در زیر سایه‌انداز بیشتر از بیرون آن بود (۵۲/۰ در برابر ۳۱/۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) (جدول ۶). 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 ۲۳ و ۶۷ درصد بوده است. مقدار روی اندازه‌گیری شده در برگ درختان بنه و ارژن نیز به ترتیب ۲۲ و ۳۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم بوده است (جدول ۱). مقادیر بیشتر روی در خاک زیر سایه‌انداز درخت ارژن نسبت به بنه را می‌توان تاحدودی به این مورد نسبت داد (جدول ۷). همچنین (Shuman 1998) در پژوهشی اشاره می‌کند که افزایش ماده آلی، اثر قابل‌توجهی بر غلظت روی و مس ندارد، چرا که این دو عنصر نسبت به شرایط اکسایش-کاهش حساس نیستند. (Nayak et al. 2000) نشان دادند که غلظت عناصر کم‌مصرف در افق‌های رویین بیشتر است و با افزایش عمق کاهش می‌یابد. آن‌ها همچنین دریافتند که

ریشه گیاهان منجر به آزادسازی بیشتر پتاسیم قابل جذب توسط گیاهان از کانی‌های دارای پتاسیم مانند گنیس و فلدسپار می‌شود (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 اثر معناداری بر میزان آهن قابل‌دسترس در خاک دارند (جدول ۳). در هر دو گونه، مقدار آهن زیر سایه‌انداز بیشتر از بیرون آن بود؛ به‌طوری که در گونه بنه، میزان آهن به‌ترتیب ۲/۰۶ و ۱/۴۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک و در گونه ارژن ۲/۸۱ و ۲/۱۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم ثبت شد (جدول ۵). همچنین تغییرات آهن با افزایش عمق، روندی کاهشی و معنادار داشت (جدول ۷).

میانگین آهن قابل‌دسترس در خاک زیر درخت بنه (۳/۶۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بیشتر از ارژن (۱/۸۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود (جدول ۷). میزان آهن قابل‌دسترس در خاک زیر سایه‌انداز درختان بنه و ارژن به ترتیب افزایش ۴۵ و ۲۸ درصدی را نسبت به خاک بیرون سایه‌انداز نشان دادند. بر اساس نتایج ارائه‌شده در جدول ۱ مقدار آهن در برگ درخت بنه (۲۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بیشتر از ارژن (۱۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بوده است.

بررسی عنصر منگنز نیز نشان داد که نوع گونه، موقعیت و عمق، اثر 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 ۴/۹۳ و ۳/۱۸ و در ارژن ۳/۷۹ و ۲/۲۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک اندازه‌گیری شد (جدول ۶). تغییرات منگنز نیز با افزایش عمق کاهش معناداری داشت. میانگین منگنز قابل‌دسترس در خاک بنه بیشتر از ارژن بود (۶/۳۱ در برابر ۲/۷۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) (جدول ۷). افزایش منگنز در خاک سایه‌انداز درختان بنه و ارژن به ترتیب به میزان ۵۵ و ۷۱ درصد بوده است. مقدار منگنز اندازه‌گیری شده در برگ درختان ارژن و بنه نیز به ترتیب ۹۸ و ۴۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم بوده است (جدول ۱). ریزمغذی‌هایی مانند آهن، روی، منگنز، مس، بور و مولیبدن،

(Alloway, 2013). مس تمایل زیادی به تشکیل پیوند با ترکیبات آلی دارد. این پیوندها اغلب قوی و پایدار بوده و سبب کاهش تحرک پذیری و فراهمی زیستی مس می‌شوند. هوموس با راهکارهای جذب سطحی، کمپلکس‌سازی و تغییرات pH، اثر 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 بیشتر رسانایی الکتریکی، نیتروژن کل، کربن آلی، فسفر قابل دسترس، کلسیم، منیزیم، گنجایش تبادل کاتیونی فعال و گنجایش تبادل کاتیونی موثر کل در خاک زیر تاج‌پوشش و مقادیر بیشتری از سدیم، پتاسیم و درصد اشباع بازی، در خاک بیرون تاج‌پوشش گزارش شد (Ita et al., 2022).

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این پژوهش، تاج‌پوشش درختان بنه و ارژن در منطقه جنگلی وزگ واقع در جنوب شرقی یاسوج سبب تغییر در اغلب ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و عناصر غذایی خاک شده است. به جز بافت خاک، سایر ویژگی‌ها به‌طور معناداری تحت تأثیر تاج‌پوشش هر دو گونه قرار گرفته‌اند؛ به‌گونه‌ای که مقادیر کربنات کلسیم معادل، واکنش (pH) خاک و غلظت مس کاهش یافته و کربن آلی، رسانایی الکتریکی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن و منگنز افزایش نشان دادند. از میان عناصر بررسی‌شده، منگنز، نیتروژن و روی بیشترین تغییرات و فسفر، مس و پتاسیم کمترین تغییرات را تحت تأثیر تاج‌پوشش هر دو درخت داشتند. همچنین تاج‌پوشش درخت ارژن سبب افزایش بیشتر در غلظت عناصر غذایی خاک ناحیه تاج‌پوشش در مقایسه با درخت بنه شد (۳۴ درصد در برابر ۲۷ درصد). همچنین اثر حضور این درختان با افزایش عمق روند کاهشی داشته است. درختان بنه و ارژن با توجه به سازگاری زیاد 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

غلظت آهن با pH خاک رابطه منفی و با مقدار ماده آلی رابطه مثبت و معنادار دارد. در منطقه بویراحمد واقع در جنوب شرق استان کهگیلویه و بویراحمد، اثر درختان بلوط بر فراهمی عناصر ریزمغذی آهن، منگنز، مس و روی به‌طور معناداری مشاهده شد. این آثار در لایه رویین خاک (۰ تا ۲۰ سانتی‌متر) شدیدتر بوده و با افزایش عمق کاهش یافته، به‌طوری که در لایه ۴۰ تا ۶۰ سانتی‌متری اختلاف معناداری بین ریز و بیرون سایه‌انداز مشاهده نشد. نتایج این پژوهش نشان داد که درختان بلوط به‌ترتیب سبب افزایش ۸۶ درصدی منگنز، ۱۳/۲ درصدی آهن و ۱۰/۴ 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 اثر نوع گونه درخت، موقعیت نمونه‌برداری و عمق خاک بر مقدار این عنصر در سطح ۵ درصد معنادار بود (جدول ۵). 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 ۰/۴۴ و ۰/۶۴ و در ارژن ۰/۶۳ و ۰/۷۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بود (جدول ۶). تغییرات عمقی مس نیز کاهش معناداری را نشان داد. میانگین مس قابل دسترس در خاک بنه بیش از ارژن بود (۰/۹۳ در برابر ۰/۶۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) (جدول ۷). کاهش مقدار مس در خاک زیر تاج‌پوشش درختان بنه و ارژن به ترتیب به میزان ۳۱ و ۱۶ درصد بوده است. مقدار مس اندازه‌گیری‌شده در برگ درخت بنه به مراتب بیشتر از درخت ارژن بوده است (۱۵۲ در برابر ۴۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) که سبب بیشتر شدن مقدار فراهم این عنصر در خاک زیر سایه-انداز درخت بنه شده است (جدول ۱).

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 گنجایش تبادل کاتیونی زیاد، گروه‌های عاملی فعال (نظیر کربوکسیل و فنولی) و توانایی زیاد در کمپلکس‌سازی با فلزات سنگین است. این ویژگی‌ها سبب می‌شود که عنصر مس به‌صورت کمپلکس‌های آلی در خاک باقی بماند و از شکل آزاد و قابل جذب برای گیاهان فاصله بگیرد

کاربری زمین، سبب کاهش چشمگیر کیفیت خاک و افزایش خطر صنعتی و غیرانتفاعی دریافت نشده است. فرسایش آن می شود.

تضاد منافع

نویسندگان مقاله اذعان دارند هیچ گونه تضاد منافع با شخص، شرکت یا سازمانی برای این پژوهش ندارند.

تشکر و سپاسگزاری

در انجام این پژوهش، حمایت مالی خاصی از مؤسسات عمومی،

References

منابع مورد استفاده

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: Black, C.A. (Ed), Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical Methods. 2nd ed., Am. Soc. Agron. Monogr. 9. ASA, CSSA and SSSA, Madison, WI, pp. 1379–1396.
3. Alloway, B.J., 2013. Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability. 3rd Ed. Springer Science & Business Media, UK. 614p.
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](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 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., Noorzi, 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: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (Eds.). Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical Methods. 2nd ed., Am. Soc. Agron. Monogr. 9. ASA, CSSA and SSSA, Madison, WI, pp. 1149–1178.
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 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., 6681577. <https://doi.org/10.1155/2021/6681577>
15. Day, P.R., 1965. Particle fractionation and particle size analysis In: Black, C.A. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical Methods. Monograph 9: Am. Soc. Agron., Madison. WI, pp. 545–565.
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. MSc Thesis, Shiraz University, Iran. (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. Forests 10(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 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 Sci. Malaysia* 6(2), 43–47.
25. Jackson, J., Ash, A.J., 2001. Tree-grass relationships in open eucalypt woodland 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.* Department of Soils, College of Agriculture, University of Wisconsin, Madison, WI.
27. Karimian, N., Razmi, K., 1990. Influence of perennial plants on chemical properties of arid calcareous soil in Iran. *Soil Sci.* 150, 717–721.
28. Khanmohammadi, Z., Matiniazadeh, 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., Wang, F., 2007. Effect of plant species on shrub fertile island at an Oasis-desert Ecotone in south Juggar Basin, China. *J. Arid Environ.* 71(4), 350–361.
31. Liang, J., Zhang, Y., Chen, X., 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., 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. London. 672p.
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*: Biorejuvenation of soil. *Forest Ecol. Manag.* 182, 115–124.
35. Mlambo, D., Nyathi, P., Mapaure I., 2005. Influence of *Colophosprum mopane* on surface soil properties and understorey vegetation in southern African savanna. *J. Forest Ecol. Manag.* 212, 394–404.
36. Moody, A., Jones, J.A. 2000. Soil response to canopy position and feral pig disturbance beneath *Quercus agrifolia* on santa Cruz Island, California. *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, Iran. (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. *J. 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 creosote bush (*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.* USDA 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 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. In: 29th Crystallography Conference. Damghan, Iran.
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 Afric. J. Plant Soil* 39(2), 153–162.

DOI:10.1080/02571862.2022.2056644

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. MSc Thesis, Department of Soil Science, Shiraz University, Iran.
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 Nutr.* 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. Agron.* 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., 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. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2007.05.010>