مدیریت اکوسیستم‌های طبیعی
Management of Natural Ecosystems
دوره ۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۴، ۳۳-۲۵
Volume 5, Issue 4, Winter 2026, 25-33
http://emj.ardakan.ac.ir/article_736052.html

تاثیر گونه‌های درختی بنه (*Pistacia atlantica* Desf) و بادامشک (*Amygdalus scoparia* Spach) بر ویژگی‌های خاک نواحی رویشی ایرانی- تورانی، خراسان رضوی

طیبه نام‌دوست*[۱]، محمد متینی‌زاده[۲]، رضا یاری[۳]، هومن روانبخش[۴]، الهام نوری[۵]

CC BY

چکیده

اکوسیستم‌های خشک و نیمه‌خشک به دلیل شرایط اقلیمی خاص و حساسیت بالای خاک، تحت تأثیر شدید تغییرات پوشش گیاهی قرار دارند و درختان جنگلی نقش کلیدی در ایجاد این تغییرات و پایداری این اکوسیستم‌ها ایفا می‌کنند. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر تاج پوشش دو گونه بنه (*Pistacia atlantica*) و بادامشک (*Amygdalus scoparia*) بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک در شهرستان بردسکن استان خراسان رضوی انجام شد. نمونه‌برداری خاک از عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متری به‌صورت تصادفی از زیر تاج هر دو گونه (پنج نمونه ترکیبی برای هر گونه) و مناطق فاقد پوشش (شاهد) انجام گرفت. ویژگی‌های فیزیکی (بافت، جرم مخصوص ظاهری و حقیقی، تخلخل و رطوبت اشباع)، شیمیایی (اسیدیته، هدایت الکتریکی، کربن آلی، ماده آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، سدیم، آهن، روی، منگنز و مواد خنثی شونده) و زیستی (تنفس پایه، تنفس برانگیخته، زی‌توده میکروبی کربن و پتانسیل نیتریفیکاسیون) ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که در زیر تاج بنه، جرم مخصوص ظاهری و حقیقی کاهش و رطوبت اشباع افزایش یافت ($p < ۰/۰۵$). در زیر تاج بادامشک، درصد ماسه (از ۶۴/۴ به ۶۹/۴ درصد) افزایش و درصد تخلخل کل (از ۳۲/۲۴ به ۳۱/۴ درصد) کاهش داشت. ماده آلی، پتاسیم، روی و سدیم در زیر تاج هر دو گونه افزایش یافت. کلسیم و منگنز تنها در زیر تاج بنه و فسفر، آهن و کربن آلی تنها در زیر تاج بادامشک افزایش نشان دادند. درصد مواد خنثی‌شونده تنها در زیر تاج بادامشک کاهش یافت. تنفس پایه، تنفس برانگیخته و زی‌توده میکروبی کربن در زیر تاج هر دو گونه افزایش یافت ($p < ۰/۰۱$)، اما پتانسیل نیتریفیکاسیون تنها در زیر تاج بنه افزایش داشت. به‌طور کلی، هر دو گونه تأثیر مثبت بر کیفیت خاک داشتند، اما الگوی تأثیرات هر گونه ویژه است و حفاظت از این جنگل‌ها، نقشی حیاتی در پایداری اکوسیستم‌های خشک و نیمه‌خشک ایران دارد.

واژگان کلیدی:

ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، زیستی خاک، بردسکن.

مقاله پژوهشی

۱. محقق غیر هیات علمی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.
namdoost1829@yahoo.com
* نویسنده مسئول

۲. دانشیار، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
matini@rifr-ac.ir

۳. استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.
yarireza1364@gmail.com

۴. استادیار، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
h.ravanbakhsh@rifr-ac.ir

۵. محقق غیر هیات علمی، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
nouri@rifr-ac.ir

شناسه مقاله: ۲۶۰۱-۱۱۵۱
شماره صفحه پیاپی: ۱۲۱۸-۱۲۲۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۱۴
انتشار آنلاین: ۱۴۰۵/۰۳/۰۷
زمان پذیرش: ۹۴ روز

استناددهی:
نام‌دوست، ط.، متینی‌زاده، م.، یاری، ر.، روانبخش، ه.، و نوری، ا. (۱۴۰۴). تاثیر گونه‌های درختی بنه (*Pistacia atlantica* Desf) و بادامشک (*Amygdalus scoparia* Spach) بر ویژگی‌های خاک نواحی رویشی ایرانی-تورانی، خراسان رضوی. مدیریت اکوسیستم‌های طبیعی، ۵(۴)، ۳۳-۲۵.

شاپا: ۱۸۲-۲۸۲۱
DOI: 10.22034/emj.2026.2079700.1151

۱- مقدمه

ناحیه رویشی ایرانی- تورانی با مساحتی حدود ۱/۴ میلیون هکتار، بخش عمده‌ای از فلات مرکزی ایران را دربرگرفته است و از جمله مناطق خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌رود. این ناحیه براساس شرایط اقلیمی و توپوگرافی، به دو بخش عمده کوهستانی (سرد سیر) و جلگه‌ای (گرم و خشک) تقسیم می‌شود (Delijani et al., 2022). اگر چه این منطقه از تراکم پوشش گیاهی کمتری برخوردار است، اما تنوع زیستی قابل توجهی را در خود جای داده است (مرادی و زاهدی‌امیری، ۱۳۸۸). از دیدگاه جامعه‌شناسی گیاهی، جنگل‌های این ناحیه، عمدتا شامل دو جامعه‌ی اصلی ارس و بنه-بادامشک هستند (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۷). این جنگل‌ها، در طول زمان دستخوش تغییرات گسترده‌ای شده‌اند و امروزه به‌دلیل تاثیر عوامل انسانی و محیطی، بقایای محدودی از جوامع یکپارچه و دست نخورده‌ی آن‌ها بر جای مانده است (زکی، ۱۳۹۱).

خاک، به‌عنوان یکی از اجزای کلیدی اکوسیستم‌های جنگلی، در کنار سایر عوامل بوم‌شناختی، الگوی پراکنش پوشش گیاهی را تعیین می‌کند. از سوی دیگر، درختان و تاج پوشش آنها نیز می‌توانند با تأمین مقادیر و ترکیب‌های متفاوتی از مواد آلی، بر ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و زیستی خاک تاثیر بگذارند (Dong and Dunstan, 2000؛ Moradi et al., 2017). مدیریت پایدار این اکوسیستم‌ها مستلزم شناخت روابط پیچیده بین پوشش گیاهی و عوامل محیطی، به‌ویژه خاک است (Matei et al., 2020). این تعاملات دوسویه، اهمیت مطالعه همزمان پوشش گیاهی و خاک را در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی نشان می‌دهد. از آنجا که کیفیت خاک را نمی‌توان مستقیما و با یک شاخص منفرد اندازه‌گیری کرد، ارزیابی مجموعه‌ای از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی آن می‌تواند ابزار مفیدی برای این منظور باشد. در این زمینه، پژوهش‌های متعددی با اهداف گوناگون به بررسی ویژگی‌های خاک در مناطق جنگلی پرداخته‌اند. رستمی‌زاد و همکاران (۱۳۹۷) در بررسی اثر تاج تک درختان بنه بر ویژگی‌های شیمیایی خاک در منطقه سروآباد استان کردستان گزارش کردند که درصد کربن آلی در ناحیه درون تاج نسبت به بیرون آن از ۶/۷۱ به ۴/۷۳ درصد کاهش یافت و غلظت نیتروژن در خاک زیر تاج پوشش درختان (۰/۴۰۶ درصد) نسبت به بیرون از آن (۰/۲۲۴ درصد) بیشتر بود. خان‌محمدی و متینی‌زاده (۱۴۰۲) نیز در ارزیابی ویژگی‌های خاک زیر تاج پوشش درختان بنه و بادامشک در منطقه تنگ خشک سمیرم گزارش کردند که مقادیر رسانایی الکتریکی، کربن آلی و پتاسیم قابل دسترس در خاک زیر تاج پوشش گونه‌های بنه و بادامشک به‌طور معنی‌داری بیشتر از خاک شاهد (خارج از تاج‌پوشش) بود. میانگین درصد نیتروژن کل در خاک زیر تاج پوشش حداقل ۱/۴۶ برابر خاک شاهد به دست آمد. وجود تاج پوشش سبب کاهش معنی‌دار چگالی ظاهری خاک نسبت به خاک شاهد شد. مقادیر تنفس پایه و برانگیخته خاک در زیر تاج پوشش نیز در مقایسه با بیرون تاج، به‌طور معنی‌داری بیشتر بود، درحالی‌که مقادیر کربن زی‌توده میکروبی کربن و پتانسیل نیتریفیکاسیون خاک شاهد به‌طور معنی‌داری بیشتر از زیر تاج پوشش بود. مرادی‌نژاد و همکاران (۱۴۰۳) نیز در پژوهشی بر روی توده‌های جنگلی ناحیه رویشی ایرانی- تورانی، تاثیر درختان بنه بر برخی ویژگی‌های بیولوژیک خاک را تایید کردند. Ushio et al. (۲۰۱۰) گزارش کردند که رطوبت خاک، محتوی کربن، نیتروژن و ترکیب جامعه میکروبی خاک، می‌توانند فعالیت آنزیمی خاک را عمدتاً به صورت غیرمستقیم و از طریق تغییر در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تحت تاثیر قرار دهند. Solanki et al. (۲۰۲۴) گزارش کردند که رطوبت خاک مهم‌ترین عامل کنترل‌کننده تغییرات فصلی است. در فصل مرطوب، مقادیر کربن آلی محلول، نیتروژن کل، فسفر قابل دسترس، به‌طور معنی‌داری بیشتر از فصول خشک بود. در مقابل، pH خاک در فصول خشک افزایش یافت. همچنین نشان دادند که تغییرات فصلی نه تنها بر خصوصیات شیمیایی خاک تأثیر می‌گذارد، بلکه ساختار و عملکرد جوامع میکروبی خاک را نیز به‌طور قابل توجهی بازآرایی می‌کند.

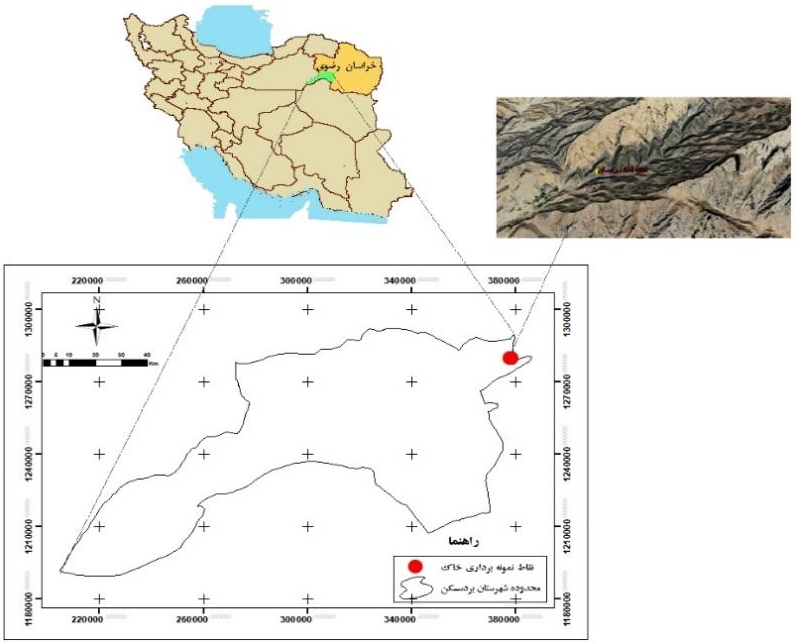
خاک‌های جنگلی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، دارای نظام اکولوژیکی بسیار ارزشمند و در عین حال شکننده‌ای هستند. حفاظت از این جنگل‌ها به‌طور مستقیم، به‌معنای پاسداری از حاصلخیزی این خاک‌ها و جلوگیری از پیشروی بیابان است. با وجود اهمیت این ناحیه رویشی، تاکنون پژوهش‌های اندکی در مورد پایش و ارزیابی خاک زیر اشکوب گونه‌های غالب انجام شده است. یکی از رویشگاه‌های جنگلی ارزشمند این ناحیه، در منطقه کلاته‌لسک شهرستان بردسکن با پوشش تنک گونه‌های بنه و بادامشک است. بر پایه پژوهش‌های پیشین، تاج پوشش بر ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و زیستی خاک تاثیر گذار بوده و این تأثیر در اکوسیستم‌های خشک و نیمه‌خشک کاملاً مشهود است. بررسی و شناخت بیشتر این ویژگی‌ها، می‌تواند در اتخاذ راهکارهای موثر برای جلوگیری از تخریب و حمایت از بقای این گونه‌های گیاهی، نقش داشته باشد. براین اساس، پژوهش حاضر با هدف مقایسه ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک زیر تاج‌پوشش درختان بنه (*P. atlantica* Desf) و بادامشک (*A. scoparia* Spach) در ذخیره‌گاه جنگلی کلاته‌لسک بردسکن انجام شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در شمال شهرستان بردسکن واقع شده است (شکل ۱). این شهرستان در حاشیه شمالی کویر نمک، بین ۵۶ درجه و ۱۴ دقیقه تا ۵۸ درجه و ۱۵ دقیقه طول و ۳۴ درجه و ۴۲ دقیقه عرض جغرافیایی و در فاصله ۲۶۵ کیلومتری جنوب غربی مشهد واقع است. ارتفاع منطقه از سطح

دریا ۹۸۵ متر است. میانگین دمای سالانه ۱۷ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالانه ۱۷۵ میلی‌متر است و بر اساس روش دومارتن جزء مناطق خشک و سرد محسوب می‌شود. پوشش گیاهی منطقه، شامل جنگل‌های تنک، مراتع و اراضی تحت کشت آبی و دیم است.



شکل (۱): نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه در شهرستان بردسکن استان خراسان رضوی

۲-۲- روش کار

برای انجام پژوهش، ابتدا قطعه‌ای یک هکتاری (۱۰۰×۱۰۰متر) در منطقه، با پوشش مناسبی از درختان بنه و بادامشک (که نماینده خوبی از منطقه باشد) انتخاب شد. در ادامه به‌منظور نمونه‌بردای خاک برای هر یک از گونه‌های بنه و بادامشک، در زیر تاج درختان (در فاصله میان تنه تا لبه انتهایی تاج) و در جهت شرق درخت، به‌طور کاملا تصادفی ۱۵ نمونه خاک از عمق صفر تا ۱۵ سانتیمتر در خرداد ماه سال ۱۴۰۳ برداشت شد. سپس هر سه نمونه خاک، به خوبی با یکدیگر مخلوط و به یک نمونه ترکیبی به‌دست آمد (پنج نمونه خاک برای هر گونه). همچنین در بیرون تاج پوشش هر یک از گونه‌ها و در مکانی که گیاه وجود نداشت، نیز به‌طور تصادفی ۱۵ نمونه خاک از عمق صفر تا ۱۵ سانتیمتر برداشت و هر سه نمونه خاک به خوبی مخلوط و به یک نمونه ترکیبی به‌دست آمد و در نهایت ۵ نمونه شاهد برای اندازه‌گیری‌های آزمایشگاه آماده شد. نمونه‌های خاک از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شدند و بخشی از نمونه‌ها، به‌منظور اندازه‌گیری ویژگی‌های بیولوژیک تا زمان انجام آزمایش، در شرایط سرد (دمای ۴ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شد. بقیه نمونه‌ها پس از هوا خشک شدن، برای اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه منتقل شدند. ویژگی‌های فیزیکی خاک شامل تعیین جرم مخصوص ظاهری به روش کلوخه و جرم مخصوص حقیقی خاک به روش پیکنومتری و تعیین بافت خاک به روش هیدرومتری (غازان‌شاهی، ۱۳۷۶) بررسی شد. ویژگی‌های شیمیایی خاک شامل اسیدیته با دستگاه pH متر (نسبت ۱ به ۲/۵)، هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک با دستگاه هدایت سنج الکتریکی، کربن آلی به روش اکسایش‌تر (Walkley and Black, 1934) و غلظت کلسیم و منیزیم محلول در عصاره گل اشباع (Thomas, 1982) و نیتروژن کل با روش کجلدال، فسفر قابل جذب به روش اولسن (Olsen and Sommers, 1982) با استفاده از اسپکتروفتومتر و پتاسیم قابل دسترس خاک با استفاده از استات آمونیوم عصاره‌گیری شده و با فلیم‌فتومتر تعیین شد (Knudsen et al., 1982). تعیین مقادیر سدیم، منگنز، آهن و روی قابل دسترس با استات آمونیوم و قرائت توسط دستگاه جذب اتمی، اندازه‌گیری شد. کربنات کلسیم معادل به روش خنثی سازی با اسید و تیتراسیون اندازه‌گیری شد (Nelson, 1982). ویژگی‌های زیستی شامل تنفس پایه، تنفس برانگیخته، کربن زی‌توده میکروبی و پتانسیل نیتریفیکاسیون بود. تنفس پایه خاک با استفاده از روش ظروف دربسته و اندازه‌گیری دی‌اکسید کربن رها شده بر اثر تنفس ریزجانداران، بر حسب میلی‌گرم دی‌اکسید کربن آزاد شده از هر گرم خاک خشک در روز گزارش شد (Schinner et al., 1996). برای اندازه‌گیری تنفس برانگیخته خاک، به نمونه‌ها ۰/۰۹ گرم گلوکز اضافه شد. میزان دی‌اکسید کربن تولیدی پس از ۴ ساعت اندازه‌گیری شده و تنفس برانگیخته بر حسب میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در صد گرم خاک خشک در ساعت گزارش شد (Schinner et al., 1996). به‌منظور اندازه‌گیری کربن زی‌توده میکروبی خاک از روش تدخین- استخراج استفاده شد. به این منظور نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت با کلروفرم تیمار شده و میزان کربن آلی پس از استخراج با سولفات پتاسیم با روش والکلی- بلک اندازه‌گیری شد (Sparling and West, 1988). پتانسیل نیتریفیکاسیون خاک در ۵ گرم خاک و با استفاده از روش برگ و راسوال اندازه‌گیری شد (Berg and Rosswall, 1985). در این مطالعه به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها،

ابتدا نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف و همگنی واریانس‌ها با آزمون لون[1] بررسی شد و برای مقایسه ویژگی‌های خاک زیر تاج پو شش گونه‌های بنه و بادام شک با منطقه شاهد، از آزمون T م ستقل[2] ستفاده شد. تمامی تجزیه و تحلیل‌های آماری با ا ستفاده از نرم‌افـزار SPSS انجام گرفت.

۳- نتایج

۳-۱- ویژگی‌های فیزیکی خاک

نتایج بررسی ویژگی‌های فیزیکی خاک زیر تاج پوشش بنه نشان داد که میانگین جرم مخصوص ظاهری در زیر تاج این گونه (۱/۷۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب)، به‌طور معنی‌داری کمتر از شـاهد (۱/۷۴ گرم بر سـانتی‌متر مکعب) اسـت. میانگین جرم مخصـوص حقیقی نیز در زیر تاج بنه (۲/۵۱ گرم بر سـانتی‌متر مکعب)، کمتر از شـاهد (۲/۵۸ گرم بر سـانتی‌متر مکعب) بود. میانگین رطوبت اشـباع خاک زیر تاج بنه (۲۹/۵۶ درصـد)، بیشـتر از شـاهد (۲۴/۷۸ درصد) بود (جدول ۱). بررسی ویژگی‌های فیزیکی خاک زیر تاج پوشش بادامشک نیز نشان داد که میانگین درصد ماسه در زیر تاج این گونه (۶۹/۴ درصد)، به‌طور معنی‌داری بیشتر از شاهد (۶۴/۴ درصد) است. میانگین جرم مخصوص حقیقی نیز در زیر تاج این گونه (۲/۵۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب)، کمتر از شـاهد (۲/۵۸ گرم بر سـانتی‌متر مکعب) بود. همچنین میانگین درصـد تخلخل خاک زیر تاج گونه بادامشـک (۳۱/۴ درصـد)، به‌طور معنی‌داری کمتر از شاهد (۳۲/۲۴ درصد) بود (جدول ۱).

جدول (۱): آمار توصیفی و نتایج آزمون T مستقل برای مقایسه اثر تاج پوشش گونه‌های بنه و بادامشک بر ویژگی‌های فیزیکی خاک

متغیر	بنه (میانگین±انحراف معیار)	شاهد	df	t	Sig.	بادامشک (میانگین±انحراف معیار)	شاهد	df	t	Sig.
درصد رس	۱/۵۸ ± ۳/۰	۲/۵۸ ± ۰/۷	۸	۰/۵۴	۰/۶۰ ns	۱/۸ ± ۰/۸۳	۲/۵۸ ± ۰/۷	۸	−۱/۶	۰/۱۵ ns
درصد سیلت	۲/۴۲ ± ۳۲/۶	۳۳/۰ ± ۲/۰۸	۸	−۰/۲۸	۰/۷۸ ns	۳/۶۷ ± ۲۸/۸	۳۳/۰ ± ۲/۰۸	۸	−۲/۲	۰/۰۶ ns
درصد ماسه	۱/۶۹ ± ۶۴/۴	۱/۷۳ ± ۶۴/۴	۸	−۰/۰۱	۰/۹۸ ns	۳/۷۱ ± ۶۹/۴	۱/۷۳ ± ۶۴/۴	۸	۲/۷	۰/۰۲*
درصد تخلخل خاک	۰/۹۹ ± ۳۲/۱	۰/۴۹ ± ۳۲/۲۴	۸	−۰/۲۰	۰/۸۴ ns	۰/۵۷ ± ۳۱/۴	۰/۴۹ ± ۳۲/۲	۸	−۲/۴	۰/۰۳*
درصد رطوبت اشباع	۰/۷ ± ۲۹/۵	۳/۰۴ ± ۲۴/۷۸	۸	۳/۴۲	۰/۰۰۹**	۳/۴۶ ± ۲۶/۰۸	۰/۴۹ ± ۲۴/۸	۸	۰/۶	۰/۵۴ ns
جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	۰/۰۱ ± ۱/۷۱	۰/۰۱ ± ۱/۷۵	۸	۴/۴۳	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۸ ± ۱/۷۳	۰/۰۱ ± ۱/۷۵	۸	−۲/۲	۰/۰۶ ns
جرم مخصوص حقیقی (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	۰/۰۴ ± ۲/۵۱	۰/۰۳ ± ۲/۵۹	۸	−۲/۹۱	۰/۰۲*	۰/۰۲ ± ۲/۵۳	۰/۰۲ ± ۲/۵۸	۸	−۳/۸	۰/۰۰۵**

۳-۲- ویژگی‌های شیمیایی خاک

نتایج بررسی ویژگی‌های شیمیایی خاک نشان داد که میانگین مقادیر هدایت الکتریکی، ماده آلی، پتاسیم، روی و منگنز خاک در زیر تاج هر دو گونه بنه و بادامشـک، به‌طور معنی‌داری بیشـتر از خاک شـاهد اسـت (جدول ۲). میانگین مقادیر کلسـیم (۹/۱۴ میلی‌اکی‌والان بر لیتر)، روی (۰/۷۷ میلی‌اکی‌والان بر لیتر) و سدیم (۱/۵۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در خاک زیر تاج گونه بنه، بیشتر از خاک شاهد بود (جدول ۲). نتایج بررسی ویژگی‌های شیمیایی خاک زیر تاج پوشش بادامشک نشان داد که میانگین درصد مواد خنثی شونده (۷/۵۶ درصد) به‌طور معنی‌داری کمتر از شاهد (۸/۸۴ درصد) است. میانگین کربن آلی در خاک زیر تاج بادامشک (۱/۲۷ درصد) بیشتر از شاهد (۰/۶۲ درصد) بود. همچنین میانگین مقادیر فسفر (۱۶/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و آهن (۸/۶۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) نیز در زیر تاج گونه بادامشک، به‌طور معنی‌داری بیشتر از شاهد بود (جدول ۲).

جدول (۲): آمار توصیفی و نتایج آزمون T مستقل برای مقایسه اثر تاج‌پوشش گونه‌های بنه و بادامشک بر ویژگی‌های شیمیایی خاک

متغیر	بنه (میانگین±انحراف معیار)	شاهد	df	t	Sig.	بادامشک (میانگین±انحراف معیار)	شاهد	df	t	Sig.
اسیدیته	۰/۱۹ ± ۷/۸	۰/۱۷ ± ۷/۹	۸	−۰/۸۱	۰/۴۳ ns	۰/۱۱ ± ۷/۸	۰/۱۷ ± ۷/۹	۸	−۱/۱	۰/۳۱ ns
هدایت الکتریکی(دسی زیمنس بر متر)	۰/۲۸ ± ۱/۲۶	۰/۳۴ ± ۰/۷۹	۸	۲/۳۴	۰/۰۴*	۰/۱۲ ± ۱/۱۶	۰/۳۴ ± ۰/۷۹	۸	۲/۲۴	۰/۰۵*
درصد مواد خنثی‌شونده	۰/۴۹ ± ۹/۰۳	۰/۶۴ ± ۸/۸۲	۸	۰/۵۹	۰/۵۶ ns	۱/۰۴ ± ۷/۵۶	۰/۶۳ ± ۸/۸۴	۸	−۲/۳	۰/۰۵*
درصد کربن آلی	۰/۲۳ ± ۰/۸۹	۰/۱۸ ± ۰/۶۲	۸	۲/۱۰	۰/۰۶ ns	۰/۵۵ ± ۱/۲۷	۰/۱۸ ± ۰/۶۲	۸	۲/۵۳	۰/۰۳*
درصد مواد آلی	۰/۳۹ ± ۱/۵۶	۰/۲۸ ± ۱/۰۷	۸	۲/۲۶	۰/۰۵*	۰/۹۳ ± ۲/۱۷	۰/۲۸ ± ۱/۰۷	۸	۲/۵۳	۰/۰۳*
درصد نیتروژن	۰/۰۲ ± ۰/۰۸	۰/۰۵ ± ۰/۰۷	۸	۰/۴۷	۰/۶۴ ns	۰/۰۳ ± ۰/۱۳	۰/۰۵ ± ۰/۰۷	۸	۲/۱۹	۰/۰۶ ns
فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۸/۳۸ ± ۱۷/۹	۴/۶۸ ± ۹/۳	۸	۱/۹۹	۰/۰۸ ns	۴/۱ ± ۱۶/۹	۳/۵ ± ۱۰/۱	۸	۲/۸۰	۰/۰۲*
کلسیم (میلی‌اکی والان بر لیتر)	۰/۸۸ ± ۹/۱۴	۱/۷۴ ± ۶/۹	۸	۲/۵۵	۰/۰۳*	۴/۶ ± ۱۰/۶	۱/۷ ± ۶/۹	۸	۱/۶۹	۰/۱۲ns
پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۱۲۰/۸ ± ۴۴/۳	۲۱/۷ ± ۱۶۹/۲	۸	۴/۹۵	۰/۰۰۱**	۱۶۶/۱ ± ۳۸۳/۵	۱۸/۲ ± ۱۶۵/۳	۸	۲/۹۲	۰/۰۲*
آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۰/۶۹ ± ۷/۸۹	۰/۸۴ ± ۷/۱۱	۸	۱/۵۹	۰/۱۴ ns	۱/۱۵ ± ۸/۶۱	۰/۸۴ ± ۷/۱۱	۸	۲/۳۵	۰/۰۵*
روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۰/۲۲ ± ۰/۷۷	۰/۰۹ ± ۰/۴۲	۸	۳/۱۵	۰/۰۱*	۰/۱۹ ± ۰/۹۱	۰/۰۵ ± ۰/۴۴	۸	۵/۲۲	۰/۰۰۱**
منگنز (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۵/۰۵ ± ۳۹/۰	۲/۲۷ ± ۹/۶۱	۸	۱۱/۸	۰/۰۰**	۸/۲۸ ± ۲۹/۹۶	۱/۶۱ ± ۹/۲۱	۸	۵/۴۹	۰/۰۰۱ **
سدیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۰/۱۹ ± ۱/۵۲	۰/۳۳ ± ۰/۸۲	۸	۴/۰۵	۰/۰۰۴**	۰/۳۵ ± ۱/۱۶	۰/۳۳ ± ۰/۸۲	۸	۱/۵۵	۰/۱۶ns
منیزیم (میلی‌اکی والان بر لیتر)	۰/۹۰ ± ۳/۷	۰/۹۵ ± ۴/۲	۸	−۰/۹۱	۰/۳۸ ns	۲/۳۳ ± ۴/۸	۰/۹۵ ± ۴/۲۴	۸	۰/۴۹	۰/۶۳ ns

1, Levene's

2. Independent Samples T-test

۳-۳- ویژگی‌های زیستی خاک

نتایج بررسی ویژگی‌های زیستی خاک نشان داد که میانگین مقادیر تنفس پایه، تنفس برانگیخته و زی‌توده میکروبی کربن در زیر تاج هر دو گونه بنه و بادامشک، به‌طور معنی‌داری ($p < ۰/۰۱$) بیشتر از شاهد بود (جدول ۳). میانگین پتانسیل نیتریفیکاسیون تنها در زیر تاج گونه بنه (۱۲۶/۷ میکروگرم نیتروژن بر گرم ماده خشک خاک در ۵ ساعت)، بیشتر از خاک شاهد (۷۸/۰۴ میکروگرم نیتروژن بر گرم ماده خشک خاک در ۵ ساعت) بود (جدول ۳).

جدول (۳): آمار توصیفی و نتایج آزمون T مستقل برای مقایسه اثر تاج‌پوشش گونه‌های بنه و بادامشک بر ویژگی‌های زیستی خاک

متغیر	بنه (میانگین±انحراف معیار)	شاهد	df	t	Sig.	بادامشک (میانگین±انحراف معیار)	شاهد	df	t	Sig.
تنفس پایه (میلی‌گرم دی‌اکسید کربن بر گرم خاک در ۲۴ ساعت)	۲/۲ ± ۰/۴۶	۰/۶ ± ۰/۱۸	۸	۷/۱۰	۰/۰۰**	۱/۱۵ ± ۰/۰۸	۰/۶ ± ۰/۱۸	۸	۶/۱۲	۰/۰۰۰**
تنفس برانگیخته (میلی‌گرم دی‌اکسید کربن بر ۱۰۰ گرم خاک در ساعت)	۳۶/۹ ± ۲/۸	۱۷/۴ ± ۳/۳	۸	۹/۹۵	۰/۰۰**	۳۲/۴ ± ۶/۸	۱۷/۴ ± ۳/۳	۸	۴/۴۰	۰/۰۰۲**
زی‌توده میکروبی کربن (میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم خاک)	۲/۵ ± ۰/۵۸	۰/۴۸ ± ۰/۲	۸	۷/۲۰	۰/۰۰**	۱/۳۱ ± ۰/۱۲	۰/۴۸ ± ۰/۲	۸	۷/۱۷	۰/۰۰۰**
پتانسیل نیتریفیکاسیون (میکروگرم نیتروژن بر گرم ماده خشک خاک در ۵ ساعت)	۱۲۶/۷ ± ۱۹	۷۸ ± ۱۳/۳	۸	۴/۶۸	۰/۰۰۲*	۸۸/۸ ± ۸/۳	۷۸/۰ ± ۱۳/۳	۸	۱/۵۳	۰/۱۶ns

۴-۳- بحث و نتیجه‌گیری

درختان جنگلی نقش مهمی در ایجاد تغییرات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک ایفاء می‌کنند که همراه با سایر عوامل اکولوژیکی، تعیین‌کننده الگوی توزیع پوشش گیاهی در این اکوسیستم‌های خشک و نیمه خشک هستند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که گونه‌های بنه (*P. atlantica*) و بادامشک (*A. scoparia*) تأثیرات متفاوت و گاه متضادی بر ویژگی‌های خاک اعمال می‌کنند که بازتابی از استراتژی‌های اکولوژیکی متمایز این دو گونه است.

بررسی ویژگی‌های فیزیکی خاک نشان داد که گونه بنه تاثیر قابل توجهی بر بافت خاک نداشت، هرچند پژوهش‌های پیشین (رستمی‌زاد و همکاران، ۱۳۹۷) افزایش در صد رس از ۳۷ به ۴۵ در صد را در زیر تاج این گونه گزارش کرده‌اند. در مقابل، در گونه بادام شک، در صد ما سه در خاک زیر تاج نسبت به شاهد از ۶۴/۴ به ۶۹/۴ درصد افزایش یافت. این یافته با نتایج رضایی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۹)، مبنی بر افزایش درصد ماسه در زیر تاج بادام وحشی (*A. arabica*) هم سو است. تفاوت در بافت خاک به‌عنوان عاملی کلیدی، نیاز بستر‌های رویشی متفاوت برای گونه‌های مختلف گیاهی را نشان می‌دهد و می‌تواند توجیه‌کننده پراکنش متفاوت آن‌ها در عرصه با شد (زارع‌چاهوکی و همکاران، ۱۳۹۴). جرم مخصوص ظاهری خاک در زیر تاج گونه بنه (۱/۷۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب) کمتر از شاهد (۱/۷۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب) بود. این کاهش را می‌توان عمدتاً ناشی از افزایش ماده آلی در اثر تجمع لاشبرگ و بقایای گیاهی دانست که سبب افزایش تخلخل و بهبود ساختمان خاک می شود (El-Keblawy and Abdelfatah, 2014). در گونه بادامشک، تفاوت معنی‌داری در جرم مخصوص ظاهری مشاهده نشد. جرم مخصوص حقیقی خاک، در زیر تاج‌پوشش هر دو گونه، به‌طور معنی‌داری کمتر از شاهد بود. از آنجا که مواد آلی چگالی کمتری نسبت به کانی‌های معدنی دارند (Brady and Weil, 2002)، حضور آن‌ها در خاک‌های جنگلی باعث کاهش میانگین جرم مخصوص حقیقی کل خاک می شود. بنابراین، پایین‌تر بودن این شاخص در زیر تاج گونه‌های مورد مطالعه را می‌توان به تجمع بیشتر ماده آلی نسبت داد. درصد رطوبت اشباع خاک در زیر تاج گونه بنه (۲۹/۵۶ درصد) نسبت به شاهد (۲۴/۷۸ درصد) افزایش داشت که بیانگر نقش ریشه گیاهان در حفظ رطوبت خاک است. این یافته با نتایج علیزاده و همکاران (۱۴۰۱) مبنی بر افزایش رطوبت اشباع خاک زیر تاج گونه‌های کهور و سمر همسو است. درصد تخلخل خاک نیز در زیر تاج گونه بادامشک (۳۱/۴ درصد) نسبت به شاهد (۳۲/۲۴ درصد) کاهش یافت. اگرچه این الگو در نگاه اول غیرمعمول به‌نظر می‌رسد، اما با استناد به مطالعات متعدد، پوشش گیاهی می‌تواند به‌عنوان مانع فیزیکی عمل کرده و موجب انتقال ترجیحی ذرات ریز (سیلت و رس) به سمت پایه گیاه شود (Bochet et al., 1999). در مورد درخت بادام شک، کاهش سرعت باد در نزدیکی درخت، باعث رسوب این ذرات ریز می‌شود که متعاقباً فضای منافذ بین ذرات درشت‌تر (ماسه) را پر می‌کنند. این مکانیسم در کوتاه مدت می‌تواند منجر به کاهش تخلخل کل در زیر تاج پوشش گردد. همچنین، با توجه به بافت درشت‌دانه خاک منطقه (بیش از ۶۴ درصد ماسه)، ورود ذرات ریز به ماتریس ماسه‌ای، بهینه‌ترین شرایط را برای پر شدن منافذ و کاهش تخلخل فراهم می‌کند. این یافته نشان‌دهنده آن است که اثرات فیزیکی کوتاه‌مدت رسوب‌گیری (که تخلخل را کاهش می‌دهد) در گونه بادامشک بر اثرات بلندمدت افزایش ماده آلی (که تخلخل را افزایش می‌دهد) غلبه داشته است. نکته قابل تأمل اینکه در گونه بنه، با وجود بافت خاک مشابه (در این مطالعه)، چنین کاهش تخلخلی مشاهده نشد. این تفاوت رفتاری بین دو گونه را می‌توان به تفاوت در معماری تاج پوشش و میزان رسوب‌گیری نسبت داد. تاج بادام شک نسبتاً فشرده و نزدیک به سطح زمین است، در حالی‌که تاج بنه مرتفع‌تر و بازتر می‌باشد. تاج فشرده بادام شک به‌عنوان یک مانع مؤثرتر، سرعت باد را در نزدیکی سطح خاک به شدت کاهش داده و موجب رسوب حداکثری ذرات ریز (سیلت و رس) می‌شود. در مقابل، در بنه، احتمالاً ذرات ریز در فواصل دورتری از پایه درخت ته‌نشین می شوند. بنابراین، به‌نظر می‌رسد در گونه بادام شک، اثر کوتاه‌مدت فیزیکی (پر شدن منافذ) بر اثر بلندمدت افزایش ماده آلی (بهبود ساختمان و افزایش تخلخل) غلبه کرده است. این یافته نشان می‌دهد که در اکوسیستم‌های خشک با فرسایش بادی فعال، اثرات منفی اولیه بر کیفیت فیزیکی خاک می‌تواند پیش از اثرات مثبت افزایش ماده آلی خود را نشان دهد.

بررسی ویژگی‌های شیمیایی خاک نشان داد که میانگین مقادیر هدایت الکتریکی در زیر تاج هر دو گونه بنه (۱/۲۷ دسی زیمنس بر متر) و بادامشک (۱/۱۶ دسی زیمنس بر متر)، بیشتر از خاک شاهد (۰/۷۹ دسی زیمنس بر متر) بود. این نتیجه با یافته‌های جعفری‌حقیقی و همکاران (۱۴۰۱)، فلاح شجاعی (۱۳۸۴)، Everett et al. (۱۹۸۶) همسو است. وجود رطوبت و تجمع لاشبرگ در ناحیه زیر تاج درختان سبب تسریع در تجزیه لاشبرگ و آزاد شدن یون‌های مثبت و در نتیجه، افزایش هدایت الکتریکی خاک می‌شود (Stefanowicz et al., 2021). مقایسه درصد مواد خنثی شونده (آهک) تنها در زیر تاج گونه بادامشک (۷/۵۶ در صد) کمتر از شاهد (۸/۸۴ در صد) بود. بر اساس مطالعات Sparks (۲۰۰۳) ریشه گیاهان و فرآیند تجزیه مواد آلی منجر به تولید اسیدهای آلی (از جمله اسید کربنیک ناشی از تنفس ریشه) می‌شود که با کربنات کلسیم وارد واکنش شیمیایی شده و موجب انحلال آن می‌گردد. این مکانیسم می‌تواند توجیه‌کننده کاهش موضعی آهک در ناحیه ریزوسفر و خاک اطراف ریشه در زیر تاج گونه بادامشک باشد. عدم مشاهده این پدیده در گونه بنه ممکن است به دلیل عمق ریشه‌دوانی بیشتر یا میزان ترشحات اسیدی متفاوت باشد. کربن آلی خاک در زیر تاج گونه بادامشک (۱/۲۸ درصد) به‌طور چشمگیری بیشتر از خاک شاهد (۰/۶۲ درصد) بود. این یافته با پژوهش‌های بازگیر و مقصودی، (۱۳۹۸)، جعفری حقیقی و همکاران، (۱۴۰۱) و Austin-Petersen et al. (۲۰۰۲) همخوانی دارد. باقری و زارع (۱۳۹۳)، میزان کربن آلی زیر تاج درختان بادامشک را ۳۵ درصد بیشتر از مناطق شاهد گزارش کرده‌اند. مقدار مواد آلی خاک نیز در زیر تاج هر دو گونه، بیشتر از خاک شاهد بود. ورود مستمر بقایای آلی به خاک همراه با شرایط میکروکلیمایی مطلوب‌تر زیر تاج پوشش از نظر رطوبت و دما، بستر مناسبی را برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها فراهم می‌کند (Desta et al., 2018؛ Sebastia, 2004) در چنین شرایطی، معمولاً سرعت افزوده شدن مواد آلی جدید به خاک بیش از سرعت تجزیه‌ی کامل آن است که در نهایت به تجمع تدریجی ماده‌ی آلی در خاک منجر می‌شود. غلظت نیتروژن در خاک بادامشک (۰/۱۳۶ درصد) بیشتر از خاک بنه (۰/۰۸۷ درصد) و شاهد (۰/۰۷۶ درصد) بود. این نتیجه با پژوهش‌های Kruszyk et al. (۲۰۱۶) و خان‌محمدی و متینی‌زاده (۱۴۰۲) همسو است. کیفیت و کمیت لاشبرگ درخت بادامشک (هاشمی و همکاران، ۱۳۹۶؛ ساغری و همکاران، ۱۳۹۹) و همچنین حمایت از جمعیت میکروارگانیسم‌های تثبیت‌کننده نیتروژن (شاهویی، ۱۳۸۵)، نقش تعیین‌کننده‌ای در افزایش نیتروژن خاک دارد. غلظت پتاسیم در خاک زیر تاج بادامشک (۱۶/۹۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بیشتر از خاک شاهد (۱۰/۱۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود. پتاسیم به آسانی از سطح برگ‌ها و بافت‌های گیاهی از طریق جریان ساقه‌ای شسته و در خاک زیر تاج پوشش ذخیره می‌شود (Kruszyk et al., 2016). همچنین، ترشح اسیدهای آلی ترشح توسط ریشه‌های بادامشک می‌تواند پتاسیم را از کانی‌های اولیه خاک مانند فلدسپات و میکا آزاد کنند (Wang and Fu, 2020). غلظت عناصر کم مصرف آهن، روی و منگنز در زیر تاج درختان بادامشک بیشتر از شاهد بود. این یافته با نتایج خان‌محمدی و متینی‌زاده (۱۴۰۲) همسو است. تجمع و تجزیه مواد آلی، مهم‌ترین دلیل افزایش این عناصر در بوم‌سازگان جنگلی است. دهقانی و قاسمی فسایی (۱۳۹۲) و Oliveira et al. (۲۰۲۳) نشان دادند که عنصر روی در خاک‌های جنگلی عمدتاً به صورت کمپلکس با ماده آلی یافت می‌شود. Barth (۱۹۸۰) و Everett et al. (۱۹۸۶) نیز افزایش منگنز در زیر سایه‌انداز درختان کاج را گزارش کرده‌اند.

فعالیت جوامع میکروبی خاک، تأثیر مهمی بر چرخه بیوژئو شیمیایی مواد مغذی، به‌ویژه در بوم سازگان ناحیه خشک و نیمه خشک دارد (Islam et al., 2024). نتایج نشان داد که مقادیر تنفس پایه، تنفس برانگیخته و زی‌توده میکروبی کربن در زیر تاج هر دو گونه، به‌طور معنی‌داری بیشتر از خاک شاهد بود. درختان از طریق تأثیر بر میکروکلیما و افزودن مواد آلی (برگ‌ریزش)، شرایط بهینه‌ای برای فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک فراهم می‌کنند (Jacoby et al., 2017). کیفیت لاشبرگ ورودی به خاک، از عوامل مهم تاثیرگذار بر جمعیت میکروبی و سرعت تجزیه محسوب می شود (Aponte et al., 2014). همچنین، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تنفس میکروبی خاک با ماده آلی و زی‌توده میکروبی کربن گزارش شده است (Soleimani et al., 2019؛ Hofmockel et al., 2011). پتانسیل نیتریفیکا سیون خاک نیز در زیر تاج‌پوشش بنه بیشتر از خاک شاهد بود که با نتایج پژوهش‌های علیزاده و همکاران (۱۴۰۱) و Gei and Powers (۲۰۱۳) همسو است. با این حال، بررسی مطالعات گذشته نشان می‌دهد که نتایج مربوط به پتانسیل نیتریفیکا سیون می‌تواند متغیر باشد. برخی پژوهش‌ها افزایش این پتانسیل را در زیر گونه‌های تثبیت‌کننده‌ی نیتروژن (مانند کهور و سمر) گزارش کرده‌اند (علیزاده و همکاران، ۱۴۰۱)، در حالی‌که برخی مطالعات تفاوت معنی‌داری بین توده‌های جنگلی مختلف مشاهده نکرده‌اند (حیدری و همکاران، ۱۴۰۱؛ Margesin et al., 2014). عوامل محیطی مانند کاهش دما و ترشحات ریشه نیز می‌توانند با کاهش فعالیت میکروبی، پتانسیل نیتریفیکاسیون را کاهش دهند (تیموری، ۱۴۰۱).

براساس نتایج پژوهش حاضر، ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی اندازه‌گیری شده، تغییرات بسیار محسوسی را در خاک زیر تاج پوشش گونه‌های بنه و بادامشک نشان دادند. این تاثیرات با بهبود ویژگی‌های شیمیایی (افزایش ماده آلی و عناصر غذایی) و زیستی (افزایش فعالیت و زی‌توده میکروبی) خاک همراه بود که تاثیر مثبت درختان بر کیفیت خاک منطقه مورد مطالعه است. مکانیسم اصلی و مشترک در تمامی این بهبودها، افزایش ورود و تجمع ماده آلی از طریق برگ‌ریزش و سایر بقایای گیاهی و سپس تأثیر آن بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک است. با این حال، تغییرات مشاهده شده از الگوی ثابتی پیروی نمی‌کنند و بین دو گونه تفاوت دارند. مهم‌ترین یافته چالش‌برانگیز این پژوهش، کاهش تخلخل خاک در زیر تاج گونه بادامشک بود که با مکانیسم «پرکنندگی منافذ توسط ذرات ریز رسوب‌کرده» توجیه می‌شود. این یافته نشان می‌دهد که در کوتاه‌مدت، اثرات فیزیکی رسوب‌گیری بادی می‌تواند بر اثرات مثبت افزایش ماده آلی غلبه کند. تفاوت در پاسخ خاک به دو گونه مورد مطالعه (بنه و بادامشک)

نشان می‌دهد که اثرات درختی بر خاک، گونه ویژه ا ست و به عواملی مانند کمیت وکیفیت لا شبرگ، عمق و تراکم ریشه، میزان تر شحات ریشه و معماری تاج پوشش بستگی دارد. این یافته تأکید می‌کند که در مطالعات بوم‌شناختی جنگل‌های خشک، نمی‌توان نتایج حاصل از یک گونه را به سایر گونه‌ها تعمیم داد. در مجموع، این مطالعه به وضوح نشان می‌دهد که حفاظت و توسعه جنگل‌های طبیعی که شامل گونه‌هایی مانند بنه و بادامشک هستند، نه‌تنها برای حفاظت از تنوع زیستی، بلکه برای حفظ و بهبود کیفیت خاک و در نهایت پایداری اکوسیستم‌های خشک و نیمه‌خشک ایران از اهمیت حیاتی برخوردار است.

منابع

بازگیر، م.، و مقصودی، ز. (۱۳۹۸). ویژگی‌های بیولوژیکی خاک‌های بیابانی تحت تاج پوشش درختچه گز طبیعی (*Tamarix ramosissima* Ledeb.). پژوهش‌های حفاظت آب و خاک (علوم کشاورزی و منابع طبیعی)، (۵)۲۶، ۱۹۵-۱۸۱.

باقری، ر.، و زارع، ص. (۱۳۹۳). بررسی تاثیر کشت بادام کوهی (*Amygdalus scoparia* Spach.) بر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی. گیاه و زیست بوم، (۳۸)۱۰، ۲۰-۳.

تیموری، م. (۱۴۰۱). ارزیابی برخی شاخص‌های زیستی در جنگل‌های بلوط ناحیه رویشی زاگرس (استان‌های چهار محال بختیاری، فارس و کردستان). گزارش نهایی موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی ، ۸۹ص.

جعفری حقیقی، م.، ثامنی، ع.ح.، قنبریان، غ.ع.، و مینا، م. (۱۴۰۱). بررسی تغییرات ویژگی‌های شیمیایی خاک در ناحیهٔ ریشهٔ گیاه قیچ (*Zygophyllum eurypterum*). خشک بوم، (۱)۱۲، ۱۰۶- ۹۳.

حیدری، م.، تیموری، م.، پورهاشمی، م.، و علی‌زاده، ط. (۱۴۰۱). تغییرات تنفس میکروبی و پتانسیل نیتریفیکاسیون خاک در توده‌های جنگلی با ساختار متفاوت در استان کردستان. بوم‌شناسی جنگل‌های ایران، (۲۰)۱۰، ۷۲-۶۴.

خان‌محمدی، ز.، و متینی‌زاده، م. (۱۴۰۲). ارزیابی ویژگی‌های خاک زیر تاج پوشش درختان بنه (*Pistacia atlantica* Desf) و بادامشک (*Prunus orientalis* (Mill.) Koehne) (مطالعه موردی: تنگ خشک، سمیرم). روابط خاک و گیاه، (۲)۱۴، ۱۰۸-۹۳.

دهقانی، س.، و قاسمی فسایی، ر. (۱۳۹۲). تأثیر پنج گیاه مرتعی بر برخی ویژگی‌های خاک در منطقه خشت استان فارس. اولین همایش ملی برنامه‌ریزی، حفاظت، حمایت از محیط زیست و توسعه پایدار، همدان، بهمن ۱۳۹۲.

رستمی‌زاد، پ.، حسینی، و.، و محمدی سمانی، ک. (۱۳۹۷). اثـر تاج تک درختان بنه بر میزان عناصر مغذی خاک جنگل (منطقه سروآباد استان کردستان). آب و خاک، (۲)۲۲، ۳۹۳-۳۸۳.

رضایی‌نژاد، ر.، خادمی، ح.، ایوبی، ش.، و جهانبازی گوجانی، ه. (۱۳۹۹). تغییرات ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تحت تأثیر ریزوسفر و تاج درختان بادام وحشی (*Amygdalus arabica* Olive) با سنین مختلف. علوم آب و خاک، (۲)۲۴، ۲۰۸-۱۹۷.

زارع چاهوکی، م. ع.، مشغولی، م.، و حسین‌جعفری، س. (۱۳۹۴). طبقه‌بندی پوشش گیاهی در ارتباط با برخی عوامل محیطی (مطالعه موردی: مراتع قره‌باغ استان آذربایجان غربی). پژوهش‌های گیاهی، (۵)۲۸، ۱۰۰۵-۹۹۵.

زکی، س. ا. (۱۳۹۱). بررسی رویشگاه ارس (*Juniperus excelsa*) در ارتباط با تیپ اراضی و خصوصیات خاک در مناطق جنگلی شمال سمنان. علوم و فنون منابع طبیعی، (۱)۸، ۱۳۹-۱۲۷.

ساغری، م.، رستم‌پور، م.، روستا، م.، و هلال‌بیگی، ی. (۱۳۹۹). تأثیر جنگل‌کاری با دو گونه درختچه‌ای سماق و بادام‌کوهی بر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک (بررسی موردی: منطقه کاخک گناباد). پژوهش و توسعه جنگل، (۲)۶، ۲۰۲-۱۸۵.

شاهویی، س.ص. (مترجم). (۱۳۸۵). سرشت و ویژگی‌های خاک. چاپ اول. کردستان: انتشارات دانشگاه کردستان، ۸۸۰ص.

عزیزی، ز.، صادقی، ح.ا.، و حاجی‌میرزایی، ا. (۱۳۹۷). تعیین گسترشگاه تیپ‌های درختی و درختچه‌ای ناحیه رویشی ایران- تورانی (مطالعه موردی: حوزه بیک پولاد). اکوسیستم‌های طبیعی ایران، (۱)۸، ۸-۱.

علیزاده، ط.، حبشی، ح.، متینی‌زاده، م.، و صادقی، س. م. (۱۴۰۱). بررسی فعالیت آنزیمی و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک در رویشگاه کهور ایرانی (*Prosopis cineraria* (L.) Druce و سمر (*P. juliflora* (SW.) DC). تحقیقات جنگل و صنوبر، (۱)۵۷، ۶۹-۳۰.

غازان‌شاهی، ج. (۱۳۷۶). آنالیز خاک وگیاه.تهران: انتشارات آییژ، ۳۱۲ص.

فلاح شجاعی، ج.، و ثامنی، ع. م. (۱۳۸۴). تاثیر برخی گونه‌های گیاه اکاسیا بر خصوصیات خاک‌های داخل و خارج سایه‌انداز آنها. نهمین کنگره علوم خاک ایران. شهریور ۱۳۸۴، تهران، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور.

مرادی، غ. ح.، و زاهدی امیری، ق.ا. (۱۳۸۸). شکل‌های زیستی گیاهان ناحیه رویشی ایران- تورانی و جایگاه این ناحیه در جهان. پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، (۳)۱۶، ۹۱-۷۷.

مرادی‌نژاد، ا.، متینی‌زاده، م.، و علیزاده، ط. (۱۴۰۳). اثرات بنه (*Pistacia atlantica* Desf.) بر برخی ویژگی‌های بیولوژیک خاک توده‌های جنگلی ایرانی- تورانی، (مطالعه موردی: منطقه فرک تفرش). زیست‌شناسی خاک، (۱)۱۲، ۱۵۴-۱۴۱.

هاشمی، س.ا.، حجتی، س.م.، حسینی نصر، س.م.، اسدیان، م.، و تفضلی، م. (۱۳۹۶). بررسی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و نرخ خالص معدنی شدن نیتروژن در توده‌های دست کاشت و طبیعی جنگل آموزشی و پژوهشی دارابکلا (ساری). پژوهش و توسعه جنگل، (۲)۳، ۱۳۲-۱۱۹.

Aponte, C., Matías, L., González-Rodríguez, V., Castro, J., García, L.V., Villar, R., and Marañón, T. (2014). Soil nutrients and microbial biomass in three contrasting Mediterranean forests. Plant and Soil, 380(1), 57-72.

Austin-Petersen, A., Larson, N., and Neufeld, D. (2002). Quercus macrocarpa has no significant effect on surrounding soil in restored savannas. Tillers, 3, 1-4.

Barth, R.C. (1980). Influence of pinyon pine trees on soil chemical and physical properties. Soil Science Society of America Journal, 44(1), 112-114.

Berg, P., and Rosswall, T. (1985). Ammonium oxidizer numbers, potential and actual oxidation rates in two Swedish arable soils. Biology and Fertility of Soils, 1(3), 131-140.

Bochet, E., Rubio, J.L., and Poesen, J. (1999). Modified topsoil islands within patchy Mediterranean vegetation in SE Spain. Catena, 38(1), 23-44.

Brady, N.C., and Weil, R.R. (2002). The nature and properties of soils 13th edition. New Jersey: Prentice- Hall Inc., 960p.

Delijani, N.B., Moshki, A., Matinizadeh, M., Ravanbakhsh, H., and Nouri, E. (2022). The effects of fire and seasonal variations on soil properties in Juniperus excelsa M. Bieb. stands in the Alborz Mountains, Iran. Journal of Forestry Research, 33(5), 1471-1479.

Desta, K.N., Lisanenwork, N., and Muktar, M. (2018). Physico-chemical properties of soil under the canopies of Faidherbia albida (Delile) A. Chev and Acacia tortilis (Forssk.) Hayen in park land agroforestry system in Central Rift Valley, Ethiopia. Journal of Horticulture and Forestry, 10(1), 1-8.

Dong, J.Z., and Dunstan, D.I. (2000). Molecular biology of somatic embryogenesis in conifers. Molecular Biology of Woody Plants, 64, 51-87.

El-Keblawy, A., and Abdelfatah, M.A. (2014). Impacts of native and invasive exotic Prosopis congeners on soil properties and associated flora in the arid United Arab Emirates. Journal of Arid Environments, 100-101, 1-8.

Everett, R., Sharrow, S., and Thran, D. (1986). Soil nutrient distribution under and adjacent to singleleaf pinyon crowns. Soil Science Society of America Journal, 50(3), 788-792.

Gei, M.G., and Powers, J.S. (2013). Do legumes and non-legumes tree species affect soil properties in unmanaged forests and plantations in Costa Rican dry forests? Soil Biology and Biochemistry, 57, 264-272.

Hofmockel, K.S., Zak, D.R., Moran, K.K., and Jastrow, J.D. (2011). Changes in forest soil organic matter pools after a decade of elevated CO2 and O3. Soil Biology and Biochemistry, 43(7), 1518-1527.

Islam, W., Zeng, F., Alotaibi, M.O., and Khan, K.A. (2024). Unlocking the potential of soil microbes for sustainable desertification management. Earth-Science Reviews, 252, 104738.

Jacoby, R., Peukert, M., Succurro, A., Koprivova, A., and Kopriva, S. (2017). The role of soil microorganisms in plant mineral nutrition- current knowledge and future directions. Frontiers in Plant Science, 8, 1617.

Knudsen, D., Peterson, G.A., and Pratt, P.F. (1982). Lithium, sodium, and potassium. Methods of soil analysis: part 2 chemical and microbiological properties, 9, 225-246.

Kruszyk, R., Kostrzewski, A., and Tylkowski, J. (2015). Variability of throughfall and stemflow deposition in pine and beech stands (Czarne Lake catchment, Gardno Lake catchment on Wolin Island). Prace Geograficzne, 143, 85-102.

Margesin, R., Minerbi, S., and Schinner, F. (2014). Long-term monitoring of soil microbiological activities in two forest sites in South Tyrol in the Italian Alps. Microbes and Environments, 29(3), 277-285.

Matei, G.M., Matei, S., and Mocanu, V. (2020). Assessing the role of soil microbial communities of natural forest ecosystem. The EuroBiotech Journal, 4(1), 1-7.

Moradi, J., Mudrák, O., Kukla, J., Vicentini, F., Šimáčková, H., and Frouz, J. (2017). Variations in soil chemical properties, microbial biomass, and faunal populations as related to plant functional traits, patch types, and successional stages at Sokolov post-mining site-A case study. European Journal of Soil Biology, 83, 58-64.

Nelson, R.E. (1982). Carbonate and gypsum. Methods of soil analysis: Part 2 Chemical and microbiological properties, 9, 181-197.

Oliveira, V.D.S., Marchiori, J.J.D. P., Ferreira, L.D. S., Boone, G.T.F., Pereira, L.L.D.S., Carriço, E., and Bolsoni, E.Z. (2023). The nutrient zinc in soil and plant: a review. International Journal of Plant & Soil Science, 35(4), 25-30.

Olsen, S.R., and Sommers, L.E. (1983). Phosphorus Page AL. Methods of Soil Analysis, 403-427.

Schinner, F., Öhlinger, R., Kandeler, E., and Margesin, R. (1996). Methods in Soil Biology. Springer Press.

Sebastiá, M.T. (2004). Role of topography and soils in grassland structuring at the landscape and community scales. Basic and Applied Ecology, 5(4), 331-346.

Solanki, A.C., Gurjar, N.S., Sharma, S., Wang, Z., Kumar, A., Solanki, M.K., Divvela, P.K., Yadav, K., and Kashyap, B.K. (2024). Decoding seasonal changes: soil parameters and microbial communities in tropical dry deciduous forests. Frontiers in Microbiology, 15, 1258934.

Soleimani, A., Hosseini, S.M., Bavani, A.R. M., Jafari, M., and Francaviglia, R. (2019). Influence of land use and land cover change on soil organic carbon and microbial activity in the forests of northern Iran. Catena, 177, 227-237.

Sparks, D.L. (2003). Environmental soil chemistry: An overview. In *Environmental Soil Chemistry* (2nd ed., pp. 1-42). Academic Press, Oxford.

Sparling, G.P., and West, A.W. (1988). A direct extraction method to estimate soil microbial C: calibration in situ using microbial respiration and 14C labelled cells. Soil Biology and Biochemistry, 20(3), 337-343.

Stefanowicz, A.M., Rożek, K., Stanek, M., Rola, K., and Zubek, S. (2021). Moderate effects of tree species identity on soil microbial communities and soil chemical properties in a common garden experiment. Forest Ecology and Management, 482, 118799.

Thomas, G.W. (1982). Exchangeable cations. Methods of soil analysis: Part 2 chemical and microbiological properties, 9, 159-165.

Ushio, M., Kitayama, K., and Balser, T.C. (2010). Effects of tree species on soil enzyme activities through soil physicochemical properties. Soil Biology and Biochemistry, 42 (9), 1525-1533.

Walkley, A., and Black, I.A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science, 37(1), 29-38.

Wang, L., and Fu, Q. (2020). Soil quality assessment of vegetation restoration after a large forest fire in Daxing'anling, northeast China. Canadian Journal of Soil Science, 100(2), 162-174.

Management of Natural Ecosystems
Volume 5, Issue 4, Winter 2026, 25-33
http://emj.ardakan.ac.ir/article_736052.html

The Effect of *Pistacia atlantica* Desf and *Amygdalus scoparia* Spach Tree Species on Soil Properties in the Irano-Turanian Vegetation Zones, Razavi Khorasan

Tayebeh Namdoost[1*], Mohammad Matinizadeh[2], Reza Yari[3], Homan Ravanbakhsh[4], Elham Nouri[5]

CC BY

Research Article

1. Research Scientist, Agricultural Research and Education Center and Khorasan Razavi Natural Resources, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran.

namdoost1829@yahoo.com

* Corresponding author

2. Associate Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

matini@rifr-ac.ir

3. Assistant Professor, Agricultural Research and Education Center and Khorasan Razavi Natural Resources, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran.

yarireza1364@gmail.com

4. Assistant Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

h.ravanbakhsh@rifr-ac.ir

5. Research Scientist, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

nouri@rifr-ac.ir

Article Code: 2601-1151
Countinus Pagination: 1218-1226

Received: 31 January 2026
Accepted: 04 May 2026
Online: 28 May 2026
Review speed: 94 days

Citation:
Namdoost, T., Matinizadeh, M., Yari, R., Ravanbakhsh, H., and Nouri, E. (2026). The Effect of Pistacia atlantica Desf and Amygdalus scoparia Spach Tree Species on Soil Properties in the Irano-Turanian Vegetation Zones, Razavi Khorasan. Management of Natural Ecosystems, 5(4), 25-33.

Abstract

Drylands and semi-arid ecosystems are strongly influenced by changes in vegetation cover due to their specific climatic conditions and high soil sensitivity, and forest trees play a key role in causing these changes and maintaining the stability of these ecosystems. This study aimed to investigate the effects of canopy cover of two tree species, *Pistacia atlantica* and *Amygdalus scoparia*, on the physical, chemical, and biological properties of soil in Bardaskan County, Razavi Khorasan Province. Soil samples were randomly collected from a depth of 0 to 15 cm beneath the canopy of both species (five composite samples per species) and from areas without vegetation (control). The following properties were evaluated: physical properties (texture, bulk density, particle density, porosity, and saturation moisture content); chemical properties (pH, electrical conductivity, organic carbon, organic matter, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sodium, iron, zinc, manganese, and calcium carbonate equivalent); and biological properties (basal respiration, substrate-induced respiration, microbial biomass carbon, and nitrification potential). The results showed that beneath the *P. atlantica* canopy, bulk density and particle density decreased, while saturation moisture content increased ($p < 0.05$). Beneath the *A. scoparia* canopy, sand percentage increased (from 64.4% to 69.4%) and total porosity decreased (from 32.24% to 31.4%) ($p < 0.05$). Organic matter, potassium, zinc, and sodium increased beneath the canopy of both species. Calcium and manganese increased only beneath *P. atlantica*, while phosphorus, iron, and organic carbon increased only beneath *A. scoparia*. Calcium carbonate equivalent decreased exclusively beneath *A. scoparia*. Basal respiration, substrate-induced respiration, and microbial biomass carbon increased beneath the canopy of both species ($p < 0.01$), whereas nitrification potential increased only beneath *P. atlantica*. Overall, both species had a positive effect on soil quality, but the pattern of these effects was species-specific. The conservation of these forests plays a vital role in the stability of drylands and semi-arid ecosystems in Iran.

Key Words:

Soil physical, chemical, soil biological properties, Bardaskan.

DOI: 10.22034/emj.2026.2079700.1151
ISSN: 2821-0182