مجلهٔ جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران
سال هجدهم، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۴۰۵
ص ۲۸۸-۲۷۱
مقاله پژوهشی

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22034/ijf.2026.566111.2097
CC BY 4.0

اثر تاج‌پوشش درختان کُنار (*Ziziphus spina-christi* (L.) Desf.) و رملیک (*Ziziphus nummularia* (Burm.f.) Wight & Arn.) بر برخی ویژگی‌های خاک در استان بوشهر

محمد متینی‌زاده[1*]، طاهره علی‌زاده[2]، الهام نوری[2]، کهزاد سرطاوی[3] و سیدموسی صادقی[1]

[1]دانشیار، مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
[2]کارشناس ارشد پژوهش، مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
[3]کارشناس ارشد پژوهش، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بوشهر، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۰۲)

چکیده

مقدمه: برای حفظ و احیای رویشگاه‌های طبیعی پیش از هر کاری باید اطلاعات کافی از اثر گونه‌های گیاهی تشکیل‌دهنده بر عوامل محیطی و نیازهای رویشگاهی آنها در اختیار داشت. شناسایی عناصر تشکیل‌دهندهٔ جنگل، اصولی‌ترین راه مدیریت بهینهٔ آنهاست، زیرا مواد غذایی و فعالیت‌های ریزجانداران خاک به‌ویژه در بوم‌سازگان‌های خشک و نیمه‌خشک در زیر تاج پوشش‌ها تجمع یافتند. این اثرات با اندازه و وسعت تاج ارتباط دارند و موجب تغییر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک می‌شوند. تا کنون دربارهٔ ویژگی‌های مختلف خاک در زیر و بیرون تاج گونه‌های بومی و ارزشمند کنار (*Ziziphus spina-christi* (L.) Desf.) و رملیک (*Ziziphus nummularia* (Burm.f.) Wight & Arn.) و نیز تعیین شاخص کیفیت خاک آنها در این رویشگاه‌ها پژوهشی صورت نگرفته است. بنابراین هدف از اجرای پژوهش حاضر، بررسی اثر تاج‌پوشش آنها بر ویژگی‌های مختلف خاک است تا با شناخت و آگاهی بیشتر تأثیرشان بر خاک و علل ایجاد تغییرات در رویشگاهشان، یک دیدگاه کلی در اختیار مدیران عرصه‌های منابع طبیعی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش از خاک سطحی زیر تاج (در فاصلهٔ میان تنه تا لبهٔ انتهایی تاج) و بیرون تاج (شاهد) (در محلی که گیاه وجود نداشته باشد) توده‌های طبیعی کنار در لاور دشتی و رملیک در پشت‌پر دشتستان در استان بوشهر در جهت شرق درختان، ۱۵ نمونه خاک از عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متری به‌طور تصادفی برداشت شد. برای به‌دست آوردن یک نمونه خاک ترکیبی از زیر و بیرون تاج درختان کنار و رملیک، نمونه‌های خاک برداشت‌شده از زیر و بیرون تاج هر سه درخت (به‌طور تصادفی) به‌خوبی با یکدیگر مخلوط شده و به یک نمونهٔ ترکیبی تبدیل شد تا در نهایت پنج نمونهٔ ترکیبی خاک از زیر تاج و پنج نمونهٔ ترکیبی خاک از بیرون تاج درختان کنار و رملیک به‌دست آمد. با استفاده از روش‌های استاندارد، ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک در نمونه‌های جمع‌آوری‌شده اندازه‌گیری شدند. سپس با آزمون شاپیرو- ویلک نرمال بودن برخی متغیرها تأیید شد و مقایسهٔ موقعیت‌های زیر و بیرون تاج داده‌های نرمال دو گونهٔ کنار و رملیک با آزمون تی مستقل و داده‌های غیرنرمال با آزمون ناپارامتری من‌ویتنی‌یو انجام گرفت. شاخص کیفیت خاک بر اساس سه گام تعیین حداقل داده‌ها، امتیاز دادن به هر یک از داده‌های استفاده‌شده و ادغام و میانگین امتیازها به دست آمد و مانند روش بالا تجزیه‌وتحلیل شد.

یافته‌ها: در زیر تاج کنار، مقادیر منگنز و روی کل به‌ترتیب با ۹/۳±۲۰۲/۸ و ۱/۴۶±۴۹/۲ (میلی‌گرم در کیلوگرم)، تنفس پایهٔ میکروبی ۰/۰۹±۲/۰۸ (میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در هر گرم خاک خشک در ۲۴ ساعت) و برانگیختهٔ میکروبی ۶/۳۵±۵۹/۰۲ (میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در ۱۰۰ گرم خاک خشک در ساعت) و در زیر تاج درختان رملیک رطوبت اشباع ۰/۷۱±۴۱/۲ (درصد)، کربن آلی ۰/۱۲±۲/۲۶ (درصد)، نیتروژن کل ۰/۰۱۲±۰/۲۲ (درصد) و کربن زی‌تودهٔ میکروبی ۰/۳۶±۲/۹۸ (میلی‌گرم کربن زی‌توده در ۱۰۰ گرم خاک خشک) و در بیرون تاج رملیک مقدار سدیم کل ۵۴۶۷۰/۵۴±۵۹ (میلی‌گرم در کیلوگرم) به‌طور معنی‌داری بیشتر بودند. در زیر تاج هر دو گونه به‌ترتیب اسیدیته با ۰/۰۴±۷/۳۸ و ۰/۰۶±۷/۶۴، فسفر کل ۶/۲۴±۹۵۹/۲۱ و ۸/۳±۷۸۳ (میلی‌گرم در کیلوگرم)، پتانسیل نیتریفیکاسیون ۱۷/۶۴±۳۷۶/۸۷ و ۵۹/۹۳±۶۳۳/۲۳ (میکروگرم نیتروژن نیتریتی آزادشده در هر گرم خاک خشک در ۵ ساعت) و شاخص کیفیت خاک ۰/۰۴±۸/۷۴ و ۰/۱۵±۸/۸ به‌طور معنی‌داری بیشتر بودند.

نتیجه‌گیری: تبادل عناصر غذایی، فعالیت‌های زیستی و شاخص کیفیت خاک، در زیر تاج درختان کنار و رملیک بیشتر بود. بنابراین نوع گونه و تاج‌پوشش درختان می‌تواند آثار متفاوتی بر ویژگی‌های مختلف خاک داشته باشد و به‌منظور بهبود آنها باید پوشش گیاهی منطقه حفظ و در صورت نیاز با گونه‌های بومی احیا شود. همچنین با پایش مداوم خاک در بازه‌های زمانی مختلف، در آینده پیش‌بینی می‌شود که امکان ارزیابی دقیق‌تری از تغییرات ایجادشده در خاک رویشگاه‌های آنها به وجود آید و اطلاعات ارزشمندی جمع‌آوری شود.

واژه‌های کلیدی: دشتستان، دشتی، شاخص کیفیت خاک، ویژگی‌های زیستی خاک.

* نویسندهٔ مسئول
شمارهٔ تماس: ۰۹۱۲۴۰۷۲۵۳۰
ایمیل: Matini@rifr-ac.ir

مقدمه

گونهٔ کنار (*Ziziphus spina-christi* (L.) Desf.) از خانوادهٔ *Rhamnaceae* به‌صورت طبیعی در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری رشد می‌کند و در برابر خشکی، شوری و دمای زیاد تحمل چشمگیری دارد (Beniamino et al., 1991). کنار در برنامه‌های توسعهٔ درختکاری در این مناطق به‌عنوان گونهٔ مناسب مدنظر قرار گرفته است (Hasanvand et al., 2015). گونهٔ رملیک (*Ziziphus nummularia* (Burm.f.) Wight & Arn.) از همان خانواده و بسیار شبیه درخت کنار است، با این تفاوت که ارتفاعش کمتر است و خار و برگ کوچک‌تری دارد. رملیک نیز مانند گونهٔ کنار در شرایط سخت (بارش بسیار کم و مسئلهٔ چرای دام) توانایی تجدید حیات طبیعی را دارد (Moradi, 2017). پوشش گیاهی یکی از اجزای مهم بوم‌سازگان طبیعی است که تأثیر مهمی در قابلیت‌ها و پتانسیل‌های مدنظر از هر منطقه دارد (Kiani et al., 2010) و بهترین شاخص برای تعیین و رفتارسنجی عامل‌های تأثیرگذار محیطی است (Salomon et al., 2008). همچنین تأثیرات گونه‌های درختی سبب تغییر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک می‌شوند (Zhou et al., 2020; Ordibehesht et al., 2025). به‌عبارت دیگر تیپ جنگل، ترکیب و ساختار تودهٔ جنگلی تأثیر بسیار زیادی بر جمعیت میکروبی و نرخ ورود مواد غذایی به خاک‌های جنگلی و در نهایت حاصلخیزی خاک خواهند داشت (Chavez-Vergara et al., 2014; Aponte et al., 2014). پایدار بودن جنگل، مستلزم حفظ عناصر غذایی در آن است و گونه‌های مختلف درختی در غنی‌سازی خاک‌ها از نظر عناصر غذایی تأثیر زیادی دارند (Onyekwelu et al., 2006). خاک به‌عنوان یکی از ارکان بوم‌سازگان تأثیر مهمی در ایجاد تغییر و تنوع گونه‌های جنگلی دارد. از طرف دیگر تیپ گیاهی نیز اثر مهمی در تغییر و تحول ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک‌ها دارد (Moradinejad, 2024). خاک و درختان هر منطقه ارتباط بسیار نزدیکی دارند و طی یک دورهٔ طولانی‌مدت با هم توسعه یافته‌اند، از این‌رو نمی‌توان یکی را بدون دیگری بررسی کرد (Zolfaghari et al., 2017). به‌عبارت دیگر، گونه‌های درختی مناطق گرم و خشک با تأثیر بر عملکرد ریزموجودات خاک‌زی از طریق عواملی مانند سایه‌اندازی تاج، ریشه‌دوانی و تولید لاشبرگ اثر مهمی در فعالیت‌های مختلف خاک به‌ویژه فعالیت زیستی دارند (Kaur et al., 2012). پایداری طولانی‌مدت بوم‌سازگان‌های جنگلی وابسته به حفظ کیفیت خاک است، از این‌رو آگاهی از وضعیت خاک‌های مناطق جنگلی و بررسی آثار فعالیت‌های صورت‌گرفته بر ویژگی‌های خاک بسیار مهم و در مدیریت جنگل مؤثر است (Khanmohammadi & Matinizadeh, 2023). کیفیت خاک را به‌طور مستقیم نمی‌توان ارزیابی کرد، بلکه بسته به مقیاس و اهداف پژوهش با اندازه‌گیری چند شاخص قابل ارزیابی است (Pierce et al., 1983) و بررسی شاخص کیفیت خاک نیز ممکن است سبب بهبود فهم بوم‌سازگان‌های خاکی و مدیریت مؤثر خاک شود (Kakeh & Ali Mohammadi, 2016). همچنین برای ارزیابی کیفیت خاک با توجه به حساسیت بسیار زیاد جوامع میکروبی و عملکردهای مرتبط با چرخهٔ عناصر غذایی به تغییرات شرایط ریزاقلیمی Curiel Yuste et al. (2017)، برخی از ویژگی‌های زیستی خاک در کنار ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی برای تعیین اثر متغیرهای محیطی و پاسخ بوم‌سازگان به تنش‌ها استفاده می‌شوند (Ghalavand et al., 2025). کیفیت خاک به نوع جنگل بستگی دارد، به‌طوری که بین غنای پوشش و کیفیت خاک در جنگل‌های پهن‌برگ و درختچه‌ای، رابطه منفی و در جنگل‌های سوزنی‌برگ و مخلوط سوزنی‌برگ و پهن‌برگ رابطه مثبت است (Shen et al., 2022). همچنین تأثیر کنار، کنارک و گون بر شاخص‌های کیفیت خاک در مراتع قشلاقی واقع در جنوب استان کهگیلویه و بویراحمد نشان داد که خاک با پوشش گیاهی مخلوط درختان

کنار و کنارک سبب افزایش پایداری خاکدانه‌های خاک و بهبود چرخهٔ عناصر غذایی می‌شود (Karimian & Heshmati, 2018).

مهم‌ترین توده‌های طبیعی کنار در خاک‌هایی با بافت‌های لومی، شنی- لومی، سیلتی- لومی و رسی- لومی با اسیدیتهٔ حدود ۷ تا ۸/۲ و قابلیت هدایت الکتریکی ۰/۱۸ تا ۳/۹ میلی‌موس بر سانتی‌متر وجود دارند (Sadeghi, 1995). بررسی رویشگاه‌های طبیعی کنار در برازجان و گناوهٔ بوشهر در عمق‌های ۳۰-۰، ۵۰-۳۰ و ۷۰-۵۰ سانتی‌متر نشان داد که اسیدیتهٔ بین ۷/۳ تا ۸، هدایت الکتریکی بین ۰/۴۵ تا ۲/۸ میلی‌موس بر سانتی‌متر، کربن آلی بین ۰/۰۲ تا ۰/۹ درصد، ازت کل بین ۰/۰۱۴ تا ۰/۰۶۴ قسمت در میلیون و فسفر قابل جذب بین ۰/۳۶ تا ۱۲/۲ قسمت در میلیون بودند (Ghadiripour et al., 2015). تأثیر تاج‌پوشش کنار بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک در ایذه نشان داد که بیشترین مقدار کربن و نیتروژن زی‌تودهٔ میکروبی به‌ترتیب با ۵۴۷/۷ و ۶۰/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، مقدار تنفس پایه با ۱۹/۲۹ میلی‌گرم دی‌اکسید کربن و بیشترین بهرهٔ میکروبی با ۱/۶۸ درصد در زیر تاج بود (Bazgir et al., 2019). Khanmohammadi & Matinizadeh (2023) در پژوهشی در درختان بنه و بادام کوهی (ارژن) در تنگ‌خشک سمیرم نشان دادند که مقادیر تنفس پایه و برانگیختهٔ میکروبی خاک در زیر تاج و مقادیر کربن زی‌تودهٔ میکروبی و پتانسیل نیتریفیکاسیون در بیرون تاج به‌طور معنی‌داری بیشتر بودند. Bayranvand et al. (2018) بیان کردند که ذخایر کربن و نیتروژن خاک در گونه‌های کهور، استبرق و کنار در جنوب کرمان زیر هر سه گونهٔ درختی به‌مراتب بیشتر از منطقهٔ بدون پوشش درختی بود و گونهٔ کنار با داشتن هدایت الکتریکی و pH مناسب‌تر نسبت به دو گونهٔ دیگر، کربن و نیتروژن بیشتری را در خاک ذخیره کرده بود. در عسلویه با بررسی اثر زیر و بیرون تاج در توده‌های طبیعی کهور ایرانی و پایه‌های خودروی کهور آمریکایی در بین توده‌های طبیعی کهور ایرانی بر ویژگی‌های خاک مشخص شد که در زیر تاج کهور ایرانی تنفس پایه و برانگیخته به‌طور معنی‌داری بیشتر از کهور آمریکایی بود (Alizadeh et al., 2022). ساختار جنگل نیز بر شاخص‌های میکروبی خاک مانند تنفس پایه، برانگیخته و کربن زی‌تودهٔ میکروبی اثرگذار بوده (Heydari et al., 2022) و به‌منظور مدیریت پایدار جنگل در پایش‌های دوره‌ای، بررسی فعالیت‌های میکروبی خاک نیاز است. بررسی و شناخت بیشتر از ویژگی‌های مختلف خاک، در جلوگیری از تخریب و انقراض گونه‌های گیاهی باارزش در جنگل‌های صحارا- سندی در جنوب ایران مؤثر خواهد بود. بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر تاج‌پوشش درختان کنار و رملیک بر ویژگی‌های مختلف خاک انجام گرفت تا هم به فرضیهٔ این پژوهش که ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک تحت پوشش گونه‌های مختلف درختی در توده‌های جنگلی متفاوت است پاسخ دهد و هم موجب پیش‌بینی دقیق‌تر اثر گونه‌های مختلف جنگلی بر بوم‌سازگان و مدیریت بهینهٔ آنها برای مدیران و برنامه‌ریزان شود.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ پژوهش

رویشگاه طبیعی گونهٔ کنار در روستای لاور شهرستان دشتی (شکل ۱- الف) در میانهٔ استان بوشهر با مختصات جغرافیایی ۲۸ درجه و ۱۴ دقیقه و ۵۲ ثانیهٔ شمالی و ۵۱ درجه و ۱۶ دقیقه و ۲۲ ثانیهٔ شرقی قرار دارد و وسعت آن کمتر از ۵ کیلومتر مربع است. آب‌وهوای منطقه گرم و خشک، متوسط بارندگی ۲۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالیانه ۲۵ تا ۲۶ درجهٔ سانتی‌گراد است. منطقه دارای اقلیم خشک و بیابانی و فاقد پوشش گیاهی منسجم است (Ataei & Karimghasemi, 2017).

رویشگاه طبیعی گونهٔ رملیک در روستای پشت‌پر شهرستان دشتستان (شکل ۱- ب) با مختصات جغرافیایی ۲۹ درجه و ۱۲ دقیقه و ۵۳ ثانیهٔ شمالی و ۵۱ درجه و

۳۹ دقیقه و ۲۳ ثانیهٔ شرقی در مرکز استان بوشهر قرار دارد و وسعت آن حدود ۴۵ کیلومتر مربع است. ارتفاع این روستا از سطح دریا ۱۲۰۰ متر و آب‌وهوای آن منحصربه‌فرد است. این روستا خنک‌ترین نقطهٔ شهرستان دشتستان محسوب می‌شود و در زمستان نیز سردترین نقطهٔ استان بوشهر است. متوسط بارندگی ۲۵۰ تا ۲۷۵ میلی‌متر و میانگین دمای سالیانه ۲۳ درجهٔ سانتی‌گراد است. این منطقه دارای اقلیم نیمه‌خشک کوهستانی (تابستان‌های معتدل و زمستان‌های به‌نسبت سرد) است (Dolatkhahi & Ghorbani Nahuji, 2013).



شکل ۱- موقعیت شهرستان‌های دشتی (الف) و دشتستان (ب) در استان بوشهر
Figure 1. Location of Dashti (A) and Dashtestan cities (B) in Bushehr province

شیوهٔ اجرای پژوهش

برای این تحقیق دو قطعه نمونه به مساحت یک هکتار (۱۰۰ × ۱۰۰ متر) در رویشگاه‌های کنار در لاور دشتی و رملیک در دشتستان انتخاب شدند. در دشتی از میان درختان کنار، ۱۵ درخت به‌طور تصادفی انتخاب شدند. نمونه‌برداری خاک از عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متری در زیر تاج درختان (در فاصلهٔ میان تنه تا لبهٔ انتهایی تاج) و در بیرون تاج (شاهد) (در محلی که گیاه وجود نداشته باشد) در جهت شرق درختان انجام گرفت. برای به دست آوردن یک نمونه خاک ترکیبی از زیر و بیرون تاج درختان کنار، نمونه‌های خاک برداشت‌شده از زیر و بیرون تاج هر سه درخت (به‌طور تصادفی) به‌خوبی با یکدیگر مخلوط و به یک نمونهٔ ترکیبی تبدیل شد تا در نهایت پنج نمونهٔ ترکیبی خاک از زیر تاج و پنج نمونهٔ ترکیبی خاک از بیرون تاج درختان کنار به دست آمد (Bayranvand et al., 2021). در پشت‌پر دشتستان نیز از میان درختان رملیک، ۱۵ درخت به‌طور تصادفی انتخاب شدند و نمونه‌برداری از خاک، در زیر و بیرون تاج رملیک، همانند رویشگاه قبلی تکرار شد، به‌طوری که پنج نمونهٔ ترکیبی خاک از زیر تاج و پنج نمونهٔ ترکیبی خاک از بیرون تاج درختان رملیک به‌دست آمد. بی‌درنگ پس از نمونه‌برداری، بخشی از نمونه‌های خاک برای سنجش ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی در کیسه‌های پلاستیکی و بخش دیگر برای سنجش ویژگی‌های زیستی خاک در شرایط سرد (۴ درجهٔ سانتی‌گراد) نگهداری شدند و برای تجزیه‌وتحلیل بعدی به آزمایشگاه انتقال یافتند. در آزمایشگاه برای سنجش ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی (در ادامه به متغیرهای اندازه‌گیری‌شده اشاره می‌شود)، نمونه‌های خاک پس از هواخشک شدن، از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شده و در دمای محیط برای آزمایش‌های لازم نگهداری شدند. همچنین به‌منظور سنجش فعالیت‌های زیستی ریزجانداران خاک (در ادامه به متغیرهای اندازه‌گیری‌شده نیز اشاره می‌شود)، بخشی از نمونه‌های خاک در دمای ۲۰- درجهٔ سانتی‌گراد (برای ثابت ماندن فعالیت ریزجانداران) نگهداری شدند (Schinner et al., 1996; Alizadeh et al., 2021).

سنجش ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

رطوبت اشباع خاک به‌روش گل اشباع و برحسب درصد (Jafari Haghighi, 2003)، بافت خاک به‌روش هیدرومتر (Houba, 1995)، اسیدیته با دستگاه pHمتر (نسبت ۱ خاک به ۲/۵ آب مقطر) (Ghazan Shahi,

1997)، هدایت الکتریکی به‌روش عصارهٔ اشباع خاک با دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی و برحسب دسی‌زیمنس بر متر (Mclean, 1982)، کربن آلی خاک به‌روش اکسایش تر و تیتراسیون و برحسب درصد (Walkley & Black, 1934)، نیتروژن کل از روش کجلدال و با دستگاه نیمه‌اتومات کجلتیک و برحسب درصد (Bremner, 1982)، پتاسیم قابل جذب به‌روش استات آمونیوم با دستگاه فلیم فتومتر (Jafari Haghighi, 2003)، فسفر، سدیم، منیزیم، منگنز، آهن و روی کل به‌روش هضم چهار اسید (هیدروفلوئوریک، پرکلریک، نیتریک و هیدروکلریک) با دستگاه ICP-OES برحسب میلی‌گرم در کیلوگرم (Standard method) و کربنات کلسیم (آهک) به‌روش خنثی‌سازی با اسیدکلریدریک و تیتراسیون با سود و برحسب درصد (Nelson, 1982) سنجیده شدند.

سنجش ویژگی‌های زیستی خاک

تنفس پایهٔ میکروبی با روش جذب دی‌اکسید کربن در محلول هیدروکسید سدیم و تیتراسیون با اسیدکلریدریک (Alef, 1995)، تنفس برانگیختهٔ میکروبی نیز مشابه روش تنفس پایه، پس از افزودن گلوکز و انکوباسیون چهارساعته، در دمای ۲۲ درجهٔ سانتی‌گراد (Alef, 1995)، کربن زی‌تودهٔ میکروبی با روش تدخین کلروفرمی و تیتراسیون کرومات (Anderson & Domsch, 1990) و پتانسیل نیتریفیکاسیون با انکوباسیون خاک در حضور مادهٔ اولیهٔ آمونیومی و کلرات سدیم در دمای ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد و تعیین نیتریت با رنگ‌سنجی در ۵۲۰ نانومتر (Schinner et al., 1996) اندازه‌گیری شدند.

تعیین شاخص کیفیت خاک

در این پژوهش از ارزیابی همهٔ متغیرهای اندازه‌گیری‌شده (فیزیکی، شیمیایی و زیستی) به‌عنوان شاخص‌های خاک تأثیرگذار برای تعیین کیفیت خاک استفاده شد. برای هر متغیر یک سطح آستانه تعیین شد و تفسیرها بر اساس مقادیر تعیین‌شدهٔ مربوط به شاخص خاک بر اساس Amacher et al. (2007); Mukhopadhyay (2014) انجام گرفت. به‌عبارت دیگر در این روش برای هر متغیری که اندازه‌گیری شده بود، بر اساس مقدار بهینهٔ آن متغیر در هر رویشگاه و برای هر گونه به‌طور جداگانه وزن داده شد. در ادامه شاخص کیفیت خاک با استفاده از سه گام اصلی به‌شرح زیر محاسبه شد (Cherubin et al., 2016b).

۱- تعیین مجموعه‌ای از حداقل داده‌ها؛ ۲- امتیازدهی به هر یک از داده‌ها؛ ۳- ادغام امتیازها.

در این گام ویژگی‌های مربوط به کمترین داده‌ها در دو گروه جداگانه قرار گرفتند: الف)- «بیشتر بهتر است» - شامل ویژگی‌هایی که افزایش آنها اثر مطلوبی بر خاک به‌جا می‌گذارند، مانند رطوبت اشباع، رس، سیلت، کربن آلی، نیتروژن کل، پتاسیم قابل جذب، فسفر، منیزیم، منگنز، آهن و روی کل، تنفس پایه و برانگیختهٔ میکروبی، کربن زی‌تودهٔ میکروبی، پتانسیل نیتریفیکاسیون؛ ب)- «کمتر بهتر است» - شامل ویژگی‌هایی که افزایش آنها اثر نامطلوب بر خاک به‌جا می‌گذارند، مانند مقدار شن، هدایت الکتریکی، سدیم کل و آهک. اسیدیته با توجه به دامنهٔ تعریف‌شده (عدد ۷) گروه‌بندی می‌شود، به این ترتیب که اگر مساوی یا کمتر از ۷ باشد در دستهٔ الف و اگر بیشتر از ۷ باشد در دستهٔ ب قرار می‌گیرد (Bayranvand et al., 2024). در این پژوهش اسیدیته در دستهٔ ب قرار گرفت. در نهایت امتیاز مربوط به هر یک از ویژگی‌های قرارگرفته در این دو دسته با رابطهٔ ۱ محاسبه شد (Andrews et al., 2003; Heydari et al., 2020).

رابطهٔ ۱

بیشترین ارزش/ ارزش (مقدار عددی) هر تکرار = امتیازبندی ویژگی‌های دستهٔ الف

ارزش (مقدار عددی) هر تکرار/کمترین ارزش = امتیازبندی ویژگی‌های دستهٔ ب

ادغام امتیازهای محاسبه‌شده، درون شاخص کلی با عنوان شاخص کیفیت خاک در نظر گرفته شد (رابطهٔ ۲).

رابطهٔ ۲

$$SQI = \left(\sum Si / n\right) \times 10$$

SQI شاخص کیفیت خاک، S_i امتیاز محاسبه‌شده برای هر ویژگی و n تعداد کل ویژگی‌ها

روش تحلیل

برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، ابتدا با آزمون شاپیرو- ویلک، نرمال بودن برخی متغیرها تأیید شد و برای مقایسهٔ موقعیت‌های زیر و بیرون تاج داده‌های نرمال دو گونهٔ کنار و رملیک از روش تی مستقل استفاده شد. برای آنالیز داده‌هایی که نرمال نبودند، آزمون ناپارامتری من-ویتنی‌یو انجام گرفت.

نتایج

ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک

پس از اجرای آزمون شاپیرو- ویلک برای داده‌های مربوط به رویشگاه کنار مشخص شد که متغیرهای منگنز، سدیم و آهن کل نرمال نبودند. همچنین برای داده‌های مربوط به رویشگاه رملیک، متغیرهای رس، رطوبت اشباع، اسیدیته، فسفر، منیزیم و آهن کل و تنفس پایهٔ میکروبی نرمال نبودند.

مطابق با جدول ۱، بر اساس نتایج آزمون من-ویتنی‌یو، مقدار منگنز کل خاک برای گونهٔ کنار در زیر و بیرون تاج معنی‌دار بود و اختلاف معنی‌داری برای سدیم و آهن کل مشاهده نشد. برای گونهٔ رملیک مقادیر رطوبت اشباع و فسفر کل خاک در زیر و بیرون تاج معنی‌دار بود و اختلاف معنی‌داری برای متغیرهای دیگر دیده نشد.

جدول ۱- آزمون ناپارامتریک من- ویتنی‌یو برای مقایسهٔ موقعیت‌های زیر و بیرون تاج کنار در دشتی و رملیک در دشتستان

Table 1. Nonparametric Man-Whitney U Test to compare positions under and outside the canopy of *Z. spina-christi* in Dashti and *Z. nummularia* in Dashtestan

گونه spicies	متغیر parameter	مقدار یو Man-Whitney U	تعداد کل N	معنی‌داری Sig
کنار *Z. spina-christi*	منگنز کل Total manganese	5	10	0.032
	سدیم کل Total sodium	9	10	0.548
	آهن کل Total iron	9	10	0.548
رملیک *Z. nummularia*	رس Clay	11.5	10	0.841
	رطوبت اشباع Saturation moisture	0.0	10	0.008
	اسیدیته pH	3	10	0.056
	فسفر کل Total phosphorus	0.0	10	0.008
	منیزیم کل Total magnesium	13	10	1
	آهن کل Total iron	14	10	0.841
	تنفس پایهٔ میکروبی Basal microbial respiration	13.5	10	0.841

مطابق جدول ۲، نتایج آزمون تی مستقل نشان داد که مقادیر فسفر و روی کل، تنفس پایه و برانگیختهٔ میکروبی و پتانسیل نیتریفیکاسیون خاک برای گونهٔ کنار در زیر و بیرون تاج در سطح اطمینان ۹۹ درصد و مقادیر رس، اسیدیته و منیزیم کل در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار بودند و اختلاف معنی‌داری برای متغیرهای دیگر مشاهده نشد. همچنین برای گونهٔ رملیک مقادیر کربن آلی، نیتروژن و سدیم کل خاک در زیر و بیرون تاج در سطح اطمینان ۹۹ درصد و مقادیر کربن زی‌تودهٔ میکروبی و پتانسیل نیتریفیکاسیون در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار بودند و اختلاف معنی‌داری برای متغیرهای دیگر مشاهده نشد.

جدول ۲- آزمون تی مستقل برای برخی متغیرهای خاک با داده‌های نرمال گونهٔ کنار در دشتی و رملیک در دشتستان

Table 2. Independent Sample T-Test for some soil variables with normally distributed dataof *Z. spina-christi* in Dashti and *Z. nummularia* in Dashtestan

گونه spicies	متغیر parameter	مقدار تی T value	درجهٔ آزادی df	معنی‌داری Sig
کنار *Z. spina-christi*	رس Clay	3.09	8	0.015
کنار *Z. spina-christi*	سیلت Silt	0.0	8	1
رملیک *Z. nummularia*		- 1.897	8	0.094
کنار *Z. spina-christi*	شن Sand	0.243	8	0.814
رملیک *Z. nummularia*		1.213	8	0.26
کنار *Z. spina-christi*	رطوبت اشباع Saturation moisture	1.384	8	0.204
	اسیدیته pH	3.09	8	0.015
کنار *Z. spina-christi*	هدایت الکتریکی Electrical conductivity	- 0.71	8	0.498
رملیک *Z. nummularia*		- 0.445	8	0.668
کنار *Z. spina-christi*	کربن آلی Organic carbon	0.359	8	0.729
رملیک *Z. nummularia*		3.628	8	0.007
کنار *Z. spina-christi*	نیتروژن کل Total nitrogen	0.359	8	0.729
رملیک *Z. nummularia*		3.628	8	0.007
کنار *Z. spina-christi*	پتاسیم قابل جذب Available potassium	0.419	8	0.686
رملیک *Z. nummularia*		0.426	8	0.681
کنار *Z. spina-christi*	فسفر کل Total phosphorus	13.73	8	0.000
رملیک *Z. nummularia*	سدیم کل Total sodium	- 4.89	8	0.001
کنار *Z. spina-christi*	منیزیم کل Total magnesium	2.83	8	0.022
رملیک *Z. nummularia*	منگنز کل Total manganese	0.945	8	0.372
کنار *Z. spina-christi*	روی کل Total zinc	3.53	8	0.008
رملیک *Z. nummularia*		0.0	8	1
کنار *Z. spina-christi*	آهک Calcium carbonate	- 0.338	8	0.744
رملیک *Z. nummularia*		0.15	8	0.884
کنار *Z. spina-christi*	تنفس پایهٔ میکروبی Basal microbial respiration	4.11	8	0.003
رملیک *Z. nummularia*		0.943	8	0.373
کنار *Z. spina-christi*	تنفس برانگیختهٔ میکروبی Substrate-induced respiration	6.26	8	0.000
رملیک *Z. nummularia*		0.168	8	0.871
کنار *Z. spina-christi*	کربن زی‌تودهٔ میکروبی Microbial Biomass Carbon	0.309	8	0.765
رملیک *Z. nummularia*		3.316	8	0.011
کنار *Z. spina-christi*	پتانسیل نیتریفیکاسیون Nitrification Potential	13.28	8	0.000
رملیک *Z. nummularia*		2.517	8	0.036

مطابق جدول ۳، نتایج مقایسهٔ میانگین نشان داد که مقادیر اسیدیته، کربن آلی، فسفر، منگنز و روی کل، تنفس پایه و برانگیختهٔ میکروبی و پتانسیل نیتریفیکاسیون در زیر تاج کنار به‌طور معنی‌داری بیشترند و برای متغیرهای دیگر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

جدول ۳- مقایسهٔ میانگین (± اشتباه معیار) در ویژگی‌های مختلف خاک در گونهٔ کنار در دشتی

Table 3. Comparison of the mean (± standard error) in different soil characteristics in *Z. spina-christi* in Dashti

بیرون تاج (شاهد) Outside the canopy (Control)	زیر تاج Under the canopy	متغیر Parameter
8.48 ± 0.79	8 ± 0.63	رس (درصد) Clay (%)
33.2 ± 0.86	33.2 ± 1.06	سیلت (درصد) Silt (%)
58.32 ± 1.09	58.72 ± 1.22	شن (درصد) Sand (%)
34.04 ± 1.28	38.74 ± 3.14	رطوبت اشباع (درصد) Saturation moisture (%)
7.14 ± 0.06 b	7.38 ± 0.04 a	اسیدیته pH
2.47 ± 0.47	2.11 ± 0.17	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) Electrical conductivity (ds/m)
7.14 ± 0.06 b	7.38 ± 0.04 a	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)
0.037 ± 0.001	0.038 ± 0.002	نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%)
5512.8 ± 397.77	5747.4 ± 393.83	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم) Available potassium (mg/kg)
662.2 ± 2.22 b	959.6 ± 21.24 a	فسفر کل (میلی‌گرم در کیلوگرم) Total phosphorus (mg/kg)
1751 ± 94.54	1762 ± 65.12	سدیم کل (میلی‌گرم در کیلوگرم) Total sodium (mg/kg)
12142.8 ± 357.84	12253.4 ± 333.53	منیزیم کل (میلی‌گرم در کیلوگرم) Total magnesium (mg/kg)
169.2 ± 7.2 b	202.8 ± 9.3 a	منگنز کل (میلی‌گرم در کیلوگرم) Total manganese (mg/kg)
11339 ± 361.78	11483 ± 218.62	آهن کل (میلی‌گرم در کیلوگرم) Total iron (mg/kg)
43.2 ± 0.86 b	49.2 ± 1.46 a	روی کل (میلی‌گرم در کیلوگرم) Total zinc (mg/kg)
52.3 ± 0.88	51.9 ± 0.78	آهک (درصد) Calcium carbonate (%)
1.39 ± 0.13 b	2.08 ± 0.09 a	تنفس پایه (میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در هر گرم خاک خشک در ۲۴ ساعت) Basal microbial respiration (mg $CO_2.g^{-1}$ dm.24 h^{-1})
19.07 ± 0.56 b	59.02 ± 6.35 a	تنفس برانگیخته (میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در ۱۰۰ گرم خاک خشک در ساعت) Substrate-induced respiration (mg CO_2.100 g^{-1} dm.h^{-1})
1.27 ± 0.06	1.33 ± 0.17	کربن زی‌تودهٔ میکروبی (میلی‌گرم کربن زی‌توده در ۱۰۰ گرم خاک خشک) Microbial Biomass Carbon (mg biomass-C.100 g^{-1}dm)
126 ± 6.73 b	376.87 ± 17.64 a	پتانسیل نیتریفیکاسیون (میکروگرم نیتروژن نیتریتی آزادشده در هر گرم خاک خشک در ۵ ساعت) Nitrification potential (µg $N.g^{-1}$dm.$5h^{-1}$)

در هر ردیف حروف متفاوت نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌هاست

Different letters in each row indicate significant differences between means

مطابق با جدول ۴، نتایج مقایسهٔ میانگین نشان داد که مقادیر رطوبت اشباع، کربن آلی، نیتروژن کل، فسفر کل، کربن زی‌تودهٔ میکروبی و پتانسیل نیتریفیکاسیون در زیر تاج و مقدار سدیم کل در بیرون تاج رملیک به‌طور معنی‌داری بیشتر بودند و برای متغیرهای دیگر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

جدول ۴- مقایسهٔ میانگین (± اشتباه معیار) در ویژگی‌های مختلف خاک در گونهٔ رملیک در دشتستان

Table 4. Comparison of the mean (± standard error) in different soil characteristics in *Z. nummularia* in Dashtestan

بیرون تاج (شاهد) Outside the canopy (Control)	زیر تاج Under the canopy	متغیر Parameter
13.4 ± 0.48	13.8 ± 0.8	رس (درصد) Clay (%)
49.6 ± 0.74	47.2 ± 1.01	سیلت (درصد) Silt (%)
37 ± 0.97	39 ± 1.32	شن (درصد) Sand (%)
37.18 ± 0.42 b	41.2 ± 0.71 a	رطوبت اشباع (درصد) Saturation moisture (%)
7.42 ± 0.02 b	7.64 ± 0.06 a	اسیدیته pH
1.33 ± 0.05	1.27 ± 0.13	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) Electrical conductivity (ds/m)
1.72 ± 0.07 b	2.26 ± 0.12 a	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)
0.17 ± 0.007 b	0.22 ± 0.012 a	نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%)
13998.66 ± 867.57	14472.54 ± 694.93	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم) Available potassium (mg/kg)
641 ± 11.6 b	783 ± 8.3 a	فسفر کل (میلی‌گرم در کیلوگرم) Total phosphorus (mg/kg)
4670 ± 59.54 a	4207 ± 73.56 b	سدیم کل (میلی‌گرم در کیلوگرم) Total sodium (mg/kg)
18559 ± 548.38	18137 ± 601.68	منیزیم کل (میلی‌گرم در کیلوگرم) Total magnesium (mg/kg)
450.8 ± 3.02	466.4 ± 16.23	منگنز کل (میلی‌گرم در کیلوگرم) Total manganese (mg/kg)
20442 ± 468.14	19361 ± 779.2	آهن کل (میلی‌گرم در کیلوگرم) Total iron (mg/kg)
53.2 ± 0.86	53.2 ± 1.96	روی کل (میلی‌گرم در کیلوگرم) Total zinc (mg/kg)
53.6 ± 1.3	53.9 ± 1.32	آهک (درصد) Calcium carbonate (%)
2.72 ± 0.11	3.31 ± 0.61	تنفس پایه (میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در هر گرم خاک خشک در ۲۴ ساعت) Basal microbial respiration (mg $CO_2.g^{-1}$ dm.24 h^{-1})
24.9 ± 0.89	25.8 ± 5.25	تنفس برانگیخته (میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در ۱۰۰ گرم خاک خشک در ساعت) Substrate-induced respiration (mg CO_2.100 g^{-1} dm.h^{-1})
1.67 ± 0.14 b	2.98 ± 0.36 a	کربن زی‌تودهٔ میکروبی (میلی‌گرم کربن زی‌توده در ۱۰۰ گرم خاک خشک) Microbial biomass carbon (mg biomass-C.100 g^{-1}dm)
458.93 ± 34.72 b	633.23 ± 59.93 a	پتانسیل نیتریفیکاسیون (میکروگرم نیتروژن نیتریتی آزادشده در هر گرم خاک خشک در ۵ ساعت) Nitrification potential (µg $N.g^{-1}$dm.$5h^{-1}$)

در هر ردیف حروف متفاوت نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌هاست

Different letters in each row indicate significant differences between means

شاخص کیفیت خاک

پس از اجرای آزمون شاپیرو- ویلک برای داده‌های مربوط به هر دو رویشگاه کنار و رملیک مشخص شد که مقدار شاخص کیفیت خاک در رویشگاه کنار نرمال نیست.

مطابق با جدول ۵، نتایج آزمون من- ویتنی‌یو نشان داد که مقدار شاخص کیفیت خاک در رویشگاه کنار در زیر و بیرون تاج معنی‌دار است.

مطابق با جدول ۶، نتایج آزمون تی مستقل نشان داد که مقدار شاخص کیفیت خاک در رویشگاه رملیک در زیر و بیرون تاج در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار است.

مطابق با جدول ۷، نتایج مقایسهٔ میانگین نشان داد مقدار شاخص کیفیت خاک در هر دو رویشگاه، در زیر تاج درختان کنار و رملیک به‌طور معنی‌داری بیشتر بود.

جدول ۵- آزمون ناپارامتریک من- ویتنی‌یو برای شاخص کیفیت خاک گونهٔ کنار در دشتی

Table 7. Nonparametric Mann-Whitney U test for the soil quality index of *Z. spina-christi* in Dashti

معنی‌داری Sig	تعداد کل N	مقدار یو Man-Whitney U	متغیر parameter
0.008	10	0.0	شاخص کیفیت خاک Soil quality index

جدول ۶- آزمون تی مستقل برای شاخص کیفیت خاک گونهٔ رملیک در دشتستان

Table 8- Independent T-Test for the soil quality index of *Z. nummularia* in Dashtestan

معنی‌داری Sig	درجهٔ آزادی df	مقدار تی T value	متغیر parameter
0.006	8	3.742	شاخص کیفیت خاک Soil quality index

جدول ۷- مقایسهٔ میانگین (± اشتباه معیار) در مقدار شاخص کیفیت خاک در گونه‌های کنار و رملیک

Table 7. Comparison of the mean (± standard error) in the soil quality index in *Z. spina-christi* and *Z. nummularia*

بیرون تاج (شاهد) Outside the canopy (Control)	زیر تاج Under the canopy	گونه Species	متغیر parameter
7.62 ± 0.1 b	8.74 ±0.04 a	کنار *Z. spina-christi*	شاخص کیفیت خاک Soil quality index
8.1 ± 0.1 b	8.8 ± 0.15 a	رملیک *Z. nummularia*	

در هر ردیف حروف متفاوت نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است

Different letters in each row indicate significant differences between means

بحث

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

در این پژوهش مقدار رطوبت اشباع در زیر تاج رملیک به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. گونهٔ رملیک در رویشگاهی با شرایط آب و هوایی سردتر از گونهٔ کنار رویش دارد و همین امر دلیلی برای بیشتر شدن مقدار رطوبت اشباع خاک در آن است. در زیر تاج هم به‌دلیل سایه‌اندازی بیشتر، ریزش لاشبرگ و کاهش تبخیر، رطوبت بیشتری در خاک وجود دارد (Alizadeh et al., 2022). تجمع لاشبرگ در زیر تاج درختان افزون بر کاهش فشردگی، جلوگیری از برخورد قطره‌های باران با خاک و جلوگیری از شست‌وشوی مواد غذایی سبب افزایش نفوذپذیری و ذخیرهٔ آب در لایهٔ سطحی خاک می‌شوند (Ortiz et al., 2022; Rostamikia et al., 2025). همچنین افزایش مقدار کربن آلی در زیر تاج سبب افزایش

گنجایش نگهداشت آب و رطوبت در خاک و بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک می‌شود (El-Keblawy & Abdelfatah, 2014). مقدار کربن آلی هم در زیر تاج رملیک به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. همان‌طور که پیشتر اشاره شد، در زیر تاج به‌دلیل رطوبت بیشتر و وجود لاشبرگ، لاشریزه، بذر و بقایای میوه شرایط خوبی برای فعالیت ریزجانداران خاک وجود دارد که با نتایج (Najafi & Jalili, 2012) همخوانی دارد. در این پژوهش مقدار اسیدیته در زیر تاج درختان کنار و رملیک به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. وجود لاشبرگ فراوان در زیر تاج درختان و نیز شرایط مناسب از نظر رطوبت و حرارت، سبب افزایش فعالیت‌های زیستی در آن محدوده می‌شود (Tiruneh Asaye, 2017; Zarafshar et al., 2023)، به فعالیت ریزجانداران و تجزیهٔ مواد آلی کمک می‌کند و در نتیجه سبب افزایش اسیدیتهٔ خاک می‌شود (Zarafshar et al., 2023). همچنین تجمع برگ‌های ریخته‌شده در زیر تاج درختان و تجزیهٔ آنها، سبب آزاد شدن مواد قلیایی می‌شود که به افزایش اسیدیتهٔ خاک کمک می‌کند (Khanmohammadi & Matinizadeh, 2023). نیتروژن کل نیز در زیر تاج رملیک به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. در خاک زیر تاج درختان افزایش مواد غذایی نشان‌دهندهٔ ورود این مواد به خاک از طریق ریزش شاخ و برگ درختان است (Prescott, 2002). افزایش نیتروژن کل در زیر تاج درختان می‌تواند نشان‌دهندهٔ وابستگی آن به پراکنش مواد آلی خاک باشد (Gallardo, 2003). منبع تأمین‌کنندهٔ نیتروژن خاک بخشی از مادهٔ آلی خاک است، به‌طوری که پراکندگی نیتروژن در خاک ارتباط نزدیکی با پراکندگی مادهٔ آلی در خاک دارد (Tarrega et al., 2007). یعنی اگر در بخشی از خاک مقدار مادهٔ آلی بیشتر باشد، در همان نقطه، مقدار نیتروژن هم ممکن است افزایش یابد. در این پژوهش هم مقدار کربن آلی و نیتروژن کل در زیر تاج رملیک به‌طور معنی‌داری بیشتر بودند که این یافته‌ها با نتایج ما مطابقت دارد.

فسفر کل در هر دو گونه و در زیر تاج به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. افزایش فسفر در زیر تاج می‌تواند نشان‌دهندهٔ وابستگی فسفر به تراکم و توزیع ریشه‌ها در اطراف درخت باشد (Gallardo, 2003). همچنین ریزش برگ درختان و لاشریزهٔ گیاهی، فسفر را در شکل‌های آلی با توان معدنی شدن به خاک برمی‌گردانند. بازگشت لاشبرگ و دیگر پسماندهای آلی تجزیه‌پذیر به خاک ممکن است مقدار فسفر قابل استفاده برای گیاه را افزایش دهد (Shahoui, 2006). با توجه به پوشش غیرانبوه در بوم‌سازگان خشک و نیمه‌خشک، با افزایش ریزش لاشبرگ در زیر تاج درختان و تجزیهٔ آنها، ورود عناصر غذایی به خاک افزایش می‌یابد (Alizadeh et al., 2021). منگنز و روی کل در زیر تاج کنار به‌طور معنی‌داری بیشتر بودند. همان‌طور که پیشتر هم اشاره شد، برگ، شاخه و دیگر بقایای گیاهی که در زیر تاج درختان می‌ریزند به مرور زمان تجزیه می‌شوند و عناصر غذایی آنها وارد خاک می‌شود و وجود برخی از این کاتیون‌ها مانند منگنز و روی سبب افزایش این مشخصه‌ها در خاک می‌شود (Bayranvand et al., 2018). همچنین سدیم کل در بیرون تاج رملیک به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. شوری و سدیمی بودن خاک یکی از مشکلات بارز در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک است و آبشویی نمک‌های محلول یکی از روش‌های اصلاح و بهسازی خاک‌های شور است (Satar Boroujeni et al., 2022). بنابراین در این مناطق، ترکیب شیمیایی آب باران ضمن عبور از تاج درخت، متأثر از دو فرایند داخلی (مبادلهٔ کاتیون‌ها با اندام‌های درخت) و خارجی (آبشویی ذرات گردوغبار و رسوبات اتمسفری) تغییر می‌کند (Rodrigo & Avila, 2002)، در نتیجه در زیر تاج رملیک پس از آبشویی و تاج‌بارش از مقدار سدیم کل کاسته می‌شود و حجم کمتری به خاک می‌رسد. همچنین در زیر تاج به‌دلیل وجود ریشهٔ درخت و نفوذ بیشتر و بهتر آب، سدیم بیشتری به لایه‌های پایینی

خاک نفوذ می‌کند، حال آنکه در بیرون تاج این شرایط وجود ندارد و به‌علت تبخیر و تعرق بسیار، مقدار سدیم در بیرون تاج رملیک بیشتر است.

ویژگی‌های زیستی خاک

مقادیر تنفس پایه و برانگیختهٔ میکروبی در زیر تاج کنار به‌طور معنی‌داری بیشتر بودند. تنفس میکروبی به عوامل زیستی، قابلیت دسترسی سوبسترا و کمیت و کیفیت شرایط محیطی بستگی دارد. تنفس خاک تحت پوشش گیاهی مختلف متفاوت است، زیرا تاج‌پوشش گیاهی اثرهای متفاوتی بر ساختار خاک دارد (Alizadeh et al., 2022). تنفس پایه و برانگیختهٔ میکروبی، به‌منزلهٔ شاخص فعالیت ریزجانداران خاک، به‌شدت تحت تأثیر ویژگی‌های خاک و پوشش درختی هستند (Zarafshar et al., 2023). در این پژوهش با وجود مقدار رطوبت و کربن آلی بیشتر در زیر تاج رملیک، افزایش مقادیر تنفس پایه و برانگیختهٔ میکروبی در زیر تاج کنار مشاهده شد. کربن زی‌تودهٔ میکروبی در زیر تاج رملیک به‌طور معنی‌داری بیشتر بود که علت آن را می‌توان به ورود مادهٔ آلی بیشتر به خاک در زیر تاج درختان و همچنین در ناحیهٔ ریزوسفر به تجزیهٔ ریزریشه‌ها ارتباط داد که در بیرون تاج وجود ندارد (Desta et al., 2018). افزایش کربن آلی و رطوبت خاک در زیر تاج‌پوشش درختان، زمینه را برای فعالیت بیشتر ریزجانداران خاک و تجزیهٔ لاشبرگ و برگشت عناصر غذایی فراهم می‌کند و در نتیجه سبب افزایش کربن زی‌تودهٔ میکروبی خاک می‌شود (Kiani et al., 2007). با توجه به اینکه مقدار کربن آلی و رطوبت اشباع در زیر تاج رملیک به‌طور معنی‌داری بیشتر بودند، با نتایج ما همخوانی دارند. همچنین پتانسیل نیتریفیکاسیون در زیر تاج کنار و رملیک به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. در زیر تاج به‌دلیل ریزش لاشبرگ و فراهم آمدن بستر مناسب (بهتر بودن شرایط محیطی از جمله دما، رطوبت و مواد اولیهٔ مناسب برای رشد و فعالیت جوامع میکروبی) شرایط مطلوب برای ریزجانداران خاک که از عوامل مؤثر در غنی‌سازی مواد غذایی در خاک هستند مهیا می‌شود (Mohanraj et al., 2022). همچنین خاک زیر تاج به‌دلیل افزایش فراهمی آمونیوم ناشی از تجزیهٔ مادهٔ آلی، غنی از نیتروژن است که ممکن است بر فراهمی نیتروژن برای گیاهان و انتشار گازهای نیتروژن‌دار از خاک تأثیر بگذارد (Bayranvand et al., 2019). شاخص کیفیت خاک در زیر تاج کنار و رملیک به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. در زیر تاج شرایط مطلوب‌تری به‌خصوص از نظر دما، رطوبت، عناصر غذایی برای فعالیت ریزجانداران خاک و موجودات خاکزی وجود دارد و شاخص کیفیت خاک بیشتر شد.

نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد که تبادل عناصر غذایی، فعالیت‌های زیستی و شاخص کیفیت خاک در زیر تاج درختان کنار و رملیک بیشتر بود. بنابراین نوع گونه و تاج‌پوشش درختان می‌تواند آثار متفاوتی بر ویژگی‌های مختلف خاک داشته باشد و به‌منظور حفظ و بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک ضروری است که پوشش گیاهی منطقه حفظ و در صورت نیاز با گونه‌های بومی احیا شود. با توجه به تغییرات اقلیمی، افزایش دما، کاهش بارندگی، فرسایش خاک و پدیدهٔ ریزگرد در جنوب کشور، می‌توان با حفظ، احیا و گسترش پوشش گیاهی در جنگل‌های ارزشمند صحارا-سندی، با تأثیرات منفی ناشی از تغییرات اقلیمی مقابله کرد یا آن را به تأخیر انداخت. همچنین با توجه به اهمیت پایش مداوم خاک در بازه‌های زمانی مختلف، در آینده پیش‌بینی می‌شود که امکان ارزیابی دقیق‌تر تغییرات ایجادشده در خاک رویشگاه‌های کنار و رملیک به وجود آید. این اطلاعات می‌تواند به تصمیم‌گیری‌های مدیریتی، تدوین برنامه‌های حفاظتی و ارتقای حاصلخیزی خاک جنگل‌های طبیعی صحارا- سندی، کمکی ویژه کند و داده‌های ارزشمندی را در اختیار کارشناسان و بهره‌برداران قرار دهد.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از بخشی از طرح پایش خاک در جنگل‌های صحارا- سندی در مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور است. نویسندگان لازم می‌دانند مراتب قدردانی خود را از مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور و مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر اعلام کنند.

References

Alef, K. (1995). Estimating of soil respiration. In: Alef, K., Nannipieri, P., (Ed.), Methods in soil microbiology and biochemistry. In, *Academic*, New York, 464–470.

Alizadeh, T., Habashi, H., Matinizadeh, M., & Sadeghi, S.M. (2021). Investigating the enzyme activities and physicochemical properties of soil in the habitat of *Prosopis cineraria* (L.) Druce and *P. juliflora* (SW.) DC. Iranian *Journal of Forest and Poplar Research, 30*(1), 57-69. (In Persian). http//doi.org/10.22092/ijfpr.2022.357166.2034

Alizadeh, T., Matinizadeh, M., & Sadeghi, S.M. (2022). Comparison of soil biological characteristics and organic carbon storage in *Prosopis cineraria* and *P. juliflora* (case study: Asaluyeh). *Journal of Wood and Forest Science and Technology Research*, *29*(1), 89-105. (In Persian). http//doi.org/10.22069/jwfst.2022.19948.1962

Amacher, M.C., O'Neill, K.P., & Perry, C.H. (2007). Soil vital signs: a new soil quality index (SQI) for assessing forest soil health. Res. Pap. RMRS-RP-65WWW. Fort Collins, CO: *United States Department of Agriculture - Forest service*, Rocky Mountain Res Station. 12 p.

Anderson, T.H., & Domsch, K. (1990). Application of eco-physiological quotients (qCO2 and qD) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. *Soil Biology and Biochemistry*, *22*, 251-255. http//doi.org/10.1016/0038-0717(90)90094-G

Andrews, S.S., Flora, C.B., Mitchell, J.P., & Karlen, D.L. (2003). Growers' perceptions and acceptance of soil quality indices. *Geoderma*, *114*(3-4), 187-213. http//doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00041-7

Aponte, C., Matias, L., Gonzales-Rodrigues, V., Castro, J., Gracia, L.V., Villar, R., & Maranon, T. (2014). Soil nutrients and microbial biomass in three contrasting Mediterranean forests. *Plant and Soil*, *380*(1), 57-72.

Ataei, P., & Karimghasemi, S. (2017). Environmental impact assessment of Lavar plain artificial recharge plans in Bousher province. *Environmental Science and Technology*, *19*(4), 531-544. (In Persian). http//doi.org/10.22059/jne.2017.127878.953

Bayranvand, M., Kooch, Y., & Bahmani, M. (2018). Variability analysis of soil carbon and nitrogen storage under *Prosopis cineraria*, *Calotropis procera* and *Ziziphus spinosa* species in the South of Kerman. *Arid Biome Scientific and Research Journal*, *8*(2), 91-101. (In Persian). http//doi.org/10.29252/aridbiom.2019.1407

Bayranvand, M., Akbarinia, M., Salehi Jouzani, Gh., & Gharechahi, J. (2021). Evaluation of fungal and enzymatic activities in relation to soil quality along an altitudinal gradient in Hyrcanian forests (Case study: Vaz watershed - Mazandaran province). *Forest and Wood Products*, *74*(2), 183-195. (In Persian). http//doi.org/10.22059/jfwp.2020.309776.1131

Bayranvand, M., Matinizadeh, M., Sadeghi, S.M., Alizadeh, T., Nouri, E., & Darroudi, H. (2024). Effect of two species of *Prosopis* (*P. cineraria* and *P. juliflora*), on soil quality in Sahara-Sindhi region of Iran (Case study: Sistan and Baluchestan province). *Journal of Forest and Wood Products*, *76*(4), 299-311. (in Persian). http//doi.org/10.22059/jfwp.2023.365188.1263

Bazgir, M., Norouzi, A., & Maghsoudi, Z. (2019). Study of physical, chemical and biological properties of soil in the (*Ziziphus spina-christi*) stands in the Izeh region. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, *27*(2), 232-243. (In Persian). https://doi.org/10.22092/ijfpr.2019.120129

Beniamino, F., Ponge, J.F., & Arpin, P. (1991). Soil acidification under the crown of oak trees I. *Spatial distribution. Forest Ecology and Management*, *40*(3- 4), 221-232. https://doi.org/10.1016/0378-1127(91)90041-S

Bremner, J.M., Mulvaney, C.S., & Madison, W.I., (1982). Nitrogen. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R., (Ed.), Methods of Soil Analysis. Second edition. *American Society of Agronomy*, 595–624.

Chavez-Vergara, B., Merino, A., VázquezMarrufo, G., & García-Oliva, F. (2014). Organic matter dynamics and microbial activity during decomposition of forest floor under two native Neotropical oak species in a temperate deciduous forest in Mexico. *Geoderma*, *235*, 133–145. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.07.005

Cherubin, M.R., Karlen, D.L., Franco, A.L.C., Tormena, C.A., Cerri, C.E.P., Davies, C.A., & Cerri, C.C. (2016b). Soil physical quality response to sugarcane expanion in Brazil. *Geoderma*.

Curiel Yuste, J., Hereş, A.M., Ojeda, G., Paz, A., Pizano, C., García-Angulo, D., & Lasso, E. (2017). Soil heterotrophic CO2 emissions from tropical high-elevation ecosystems (Páramos) and their sensitivity to temperature and moisture fluctuations. *Soil Biology and Biochemistry, 110,* 8-11. https://doi.org/10.1016/J.SOILBIO.2017.02.016

Desta, K., Lisanenwork, N., & Mukhtar, M. (2018). Physio-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. *Academic Journal*, *10*(1), 1-8. https://doi.org/10.5897/JHF2016.0491

Dolatkhahi, M., & Ghorbani Nahuji, V. (2013). Introduction of widely used medicinal plants of Dashtestan in Bushehr Province with emphasis on traditional use. *Journal of Medicinal Plants*, *12*(2), 85-105. (In Persian). https://doi.org/20.1001.1.2717204.2013.12.46.9.2

El-Keblawy, A., & Abdelfatah, M. (2014). Impact of native and invasive exotic *Prosopis* congeners on soil properties and associated flora in the arid United Arab Emirates. *Journal of Arid Environments*, *100*, 1-8. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2013.10.001

Ghalavand, N., Bazgir, M., Karamian, M., & Rostaminia, M. (2025). Soil biological properties variations in Persian oak stands (*Quercus brantii* Lindl.) with different dieback intensities. *Iranian Journal of Forest*, *17*(2), 293-308. (In Persian). https://doi.org/10.22034/ijf.2025.446800.1978

Gallardo, A. (2003). Effect of tree canopy on spatial distribution of soil nutrients in a Mediterranean Dehesa. *Pedobiologia*, *47*, 117-125. https://doi.org/10.1078/0031-4056-00175

Ghadiripour, P., Saqeb Talebi, Kh., Saleheh Shooshtari, M.H., & Esmaeilzadeh, A. (2015). Investigation of some soil properties and quantitative characteristics *of Ziziphus spina christi* L. Dest in natural habitats of southwestern Iran, case study: Khuzestan and Bushehr provinces. *Forest and Wood Products Journal of Natural Resources of Iran, 68*(1), 75-61. (In Persian). https://doi.org/10.22059/jfwp.2015.53978

Ghazan Shahi, J. (1997). *Soil and Plant Analysis* (Ghazan Shahi, J., translator). Aizh Publications., 272 p. (In Persian)

Hasanvand, M.R., Mataji, A., & Akhavan, R. (2015). The effect of different treatments on seed survival and seedlings growth of *Zizphus numularia*. *Renewable Natural Resources Research*, *6*(4), 1-14 (In Persian)

Heydari, M., Eslaminejad, P., Valizadeh Kakhki, F., Mirab-balou, M., Omidipour, R., Bernard Prévosto, B., Kooch, Y., & Lucas-Borja, M.B. (2020). Soil quality and mesofauna diversity relationship are modulated by woody species and seasonality in semiarid oak forest. *Forest Ecology and Management*, *473*, 118332. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118332

Heydari, M., Teimouri, M., Pourhashemi, M., & Alizadeh, T. (2022). Study the changes in biological indicators in forest stands with different structure in Kurdistan province. *Ecology of Iranian Forests*, *10*(20), 64-72. (In Persian). https://doi.org/10.52547/ifej.10.20.64

Houba, V.J.G., Van Der Lee, J.J., & Novozamsky, I. (1995). Soil and plant analysis - a series of syllabi. Part 5b: Soil analysis procedures, other procedures. Department of Soil Science and Plant Nutrition. *Wageningen Agricultural University, Wageningen, Netherlands*, 262 p .

Kakeh, J., Gorji, M., & Ali Mohammadi, A. (2016). Quantitative assessment of soil quality in different land uses in a part of the southeastern lands of Qazvin. *Iranian Soil and Water Research*, *47*(4), 784-775. (In Persian). https://doi.org/10.22059/ijswr.2016.59984

Kaur, R., Gonzales, W.L., Llambi, L.D., Soriano, P.J., Callaway, R.M., Rout, M.E., Gallaher, T.J., & Inderjit, T. (2012). Community Impacts of *Prosopis juliflora* Invasion: Biogeographic and Congeneric Comparisons. *Plos One*, *7*(44966). https://doi.org/1-13. 10.1371/journal.pone.0044966

Karimian, V., & Heshmati, J.A. (2018). Evaluation of the effects of tree and shrub species (*Ziziphus spina christi*, *Ziziphus numolaria* and *Astragalus fasciculifolius*) on soil surface indices in Qeshlaqi rangelands (Case study: Kheshab River rangelands and southern rangelands of Kohgiluyeh and Boyer Ahmad). *Iranian Rangeland and Desert Research*, *24*(4), 730-741. (In Persian). https://doi.org/10.22092/ijrdr.2017.114064

Khanmohammadi, Z., & Matinizadeh, M. (2023). Evaluation of Soil Properties Under The Canopy of Wild Pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.) and Wild Almond (*Prunus orientalis* (Mill.) Koehne) (Case Study: Tang Khoshk, Semirom). *Journal Soil and Plant Interactions*, *14*(2), 93-108. (In Persian). https://doi.org/10.47176/jspi.14.2.20462

Kiani, F., Jalalian, A., Pashaei, A., & Khademi, H. (2007). The role of deforestation, enclosure and rangeland destruction on soil quality indicators in loess lands of Golestan province. *Agricultural Sciences and Technologies and Natural Resources*, *11*(41), 453- 464. (In Persian)

Kiani, B., Rahiminia, Q., & Zahedi, M.H. (2010). Study of the structure, distribution pattern and regeneration in desert forests of Taradeh region, Kerman. *Journal of Desert Management*, *15*, 85-100. (In Persian). https://doi.org/10.22034/jdmal.2020.44931

Jafari Haghighi, M. (2003). Methods of soil analysis. Sampling and important physical and chemical analyses with emphasis on theoretical and practical principles. Nedaye Zoha Publications, 236 p. (In Persian)

Mclean, E.O. (1982). Soil pH and lime requirement. In: "Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R., (Ed.), *American Society of Agronomy*. SSSA, Madison, WI, USA, 199-224.

Mohanraj, R., Akil Prasatha, R.V., & Rajasekaran, A. (2022). Assessment of vegetation, soil nutrient dynamics and heavy metals in the *Prosopis juliflora* invaded lands at semi-arid regions of Southern India. *Catena*, *216*(2022), 106374. https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106374

Moradi, G.H. (2017). Habitat conditions and propagation methods of the species (*Zizyphus nummularia* Wight) for use in arid and semi-arid regions. The Fifth National Conference on Applied Research in Civil Engineering, Architecture and Urban Management, Iran. Tehran. Khajeh Nasir Toosi University of Technology. (In Persian)

Moradinejad, A., Matinizadeh, M., & Alizadeh, T. (2024). Effects of *pistacia atlantica* desf. on some soil properties (case study: farak tafaresh region). *Soil Biology Journal*, *12*(1), 140-154. (In Persian). https://doi.org/10.22092/sbj.2024.365365.262

Mukhopadhyay, S.S. (2014). Nanotechnology in agriculture: prospects and constraints. *Nanotechnology, Science and Applications*, *7*, 63–71. https://doi.org/10.2147/NSA.S39409

Najafi, K., & Jalili, A. (2012). Effects of *Prosopis juliflora* (SW.) DC on some physical and chemical soil properties. *Iranian Journal of Range and Desert research*, *19*(3), 406-420. (In Persian). https://doi.org/10.22092/ijrdr.2012.3078

Nelson, C.R. & Plosser, C.I. (1982). Trends and random walks in macroeconomic time series. *Journal of Monetary Economics*, *10*, 139-62.

Onyekwelu, J.C., Mosandl, R., & Stimm, B. (2006). evaluation and state of nutrition of *Gmelina arborea* plantations in Oluwa and Omo forest reserves, Nigeria. *Forest Ecology and Management*, *229*, 214-227. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.04.002

Ordibehesht, M., Matinizadeh, M., Shirvany, A., Ravanbakhsh, H., & Tavakoli Neko, H. (2025). Investigation of the impact of canopy cover and sampling season on soil biological characteristics in *Haloxylon ammodendron* (C.A.Mey.) Bunge ex Fenzl and *Tamarix hispida* Willd. habitats in Qom province. *Iranian Journal of Forest*, *16*(4), 569-585. (In Persian). https://doi.org/10.22034/ijf.2024.424128.1953

Ortiz, D.C., de Souza, T.A.F., Pech, T.M., Bartz, M.L.C., Baretta, D., Siminski, A., & Niemeyer, J.C. (2022). Soil ecosystem changes by vegetation on old-field sites over five decades in the Brazilian Atlantic forest. *Journal of Forestry Research*, *14*(1), 254-265. https://doi.org/10.1007/s11676-021-01368-y

Pierce, F.J., Larson, R.H., & Graham, W.A. (1983). Productivity of soils assessing long term changes due to erosion. *Journal of Soil and Water Conservation*, *38*, 39-44.

Prescott, C.E. (2002). The influence of the forest canopy on nutrient cycling. *Tree Physiology*, *22*, 1193-1200. https://doi.org/10.1093/treephys/22.15-16.1193

Rodrigo, A., & Avila, A. (2002). Dry deposition to the forest canopy and surrogate surfaces in two Mediterranean holm oak forests in Montseny (NE Spain). *Water, Air, & Soil Pollution*, *136*(1-4), 269-288. https://doi.org/10.1023/a:1015220726924

Rostamikia, Y., Matinizadeh, M., Nouri, E., Alizadeh, T., & Mohtaram Anbaran, S. (2025). The effect of canopy covers of wild pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.) and wild almond (*Prunus lycioides* Spach.) trees on soil properties (case study: Kandaragh forest of Khalkhal, Ardabil Province). *Iranian Journal of Forest*, *17*(1), 13-29. (In Persian). https://doi.org/10.22034/ijf.2024.440945.1973

Salomon, A.K. (2008). Ecosystems. In S.E. Jørgensen, & B.D. Fath (Eds.). *Encyclopedia of Ecology*, *2*, 1155-1165.

Sadeghi, S.M. (1995). A study of some ecological characteristics of three genus of *Ziziphus* spp. in Bushehr province. M.Sc thesis in Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj. (In Persian)

Satar Boroujeni, D., Babazadeh, H., Pazira, E., & Polus, A. (2022). Application of physical model to simulate of permanent and intermittent leaching of saline and sodic soils. *Irrigation Sciences and Engineering* (JISE), *45*(1), 49-64. https://doi.org/10.22055/jise.2020.31775.1895.

Schinner, F., Öhlinger, R., Kandeler, E., & Margasin, R. (1996). Methods in soil biology. Berlin: *Springer*. 426 p.

Standard method, Section 3030e, Sample digestion methods.

Shahoui, p. (2006). Nature and Characteristics of Soils (Translation). Compiled by Will and Brady, Kordestan University Press. 900p.

Shen, Y., Li, J., Chen, F., Cheng, R., Xiao, W., Wu, L., & Zeng, L. (2022). Correlations between forest soil quality and aboveground vegetation characteristics in Hunan Province, China. *Frontier in Plant Science*, *13*, 1009109. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1009109

Tarrega, R., Calvo, L., Marcos. E., & Taboada, A. (2007). Comparison of understory plant community composition and soil characteristics in *Quercus pyrenaica* stands with different human uses. *Forest Ecology and Management*, *241*, 235–242. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.01.011

Tiruneh Asaye, Z. (2017). Effects of scattered *Acacia tortilis* (Forssk) hayne on soil properties in different land uses in Central Rift Valley of Ethiopia. *Journal of Sustainable Forestry*, *36*, 164–176. https://doi.org/10.1080/10549811.2016.1270835

Walkley, A., & 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. http://dx.doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003

Zarafshar, M., Shabani, L., & Mohammadi. M.H. (2023). Role of woody plants in improving soil fertility and microbial biomass in dry rangelands. *Catena, 226*, 107042.

Zhou, L., Sun, Y., Saeed, S., Zhang, B., & Luo, M. (2020). The difference of soil properties between pure and mixed Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*) plantations depends on tree species. Global Ecology and Conservation, *22*, e 01009. https://doi.org/ 10.1016/j.gecco.2020.e01009

Zolfaghari, Z., Moradi, M., Basiri, R., & Ghasemi, A. (2017). Evaluation of soil physicochemical properties of *Tecomella undulata* in Busher province. *Forest and Wood Products*, *70*(2), 273-280. (In Persian). https://doi.org/10.22059/jfwp.2017.62484

Iranian Journal of Forest
Vol. 18, No. 2, Summer 2026
pp. 271-288
Research Article

DOI: 10.22034/ijf.2026.566111.2097
CC BY 4.0

The effects of tree canopy of (*Ziziphus spina-christi* (L.) Desf.) and (*Ziziphus nummularia* (Burm.f.) Wight & Arn.) on some soil properties in Bushehr province

M. Matinizadeh[1*], T. Alizadeh[2], E. Nouri[2], K. Sartavi[3], and S.M. Sadeghi[1]

[1]Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
[2]Senior Research Expert, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
[3]Senior Research Expert, Bushehr Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Bushehr, Iran

(Received: 20 December 2025; Accepted: 21 February 2026)

Abstract

Introduction: To preserve and restore natural habitats, before any work, sufficient information should be available on the effects of constituent plant species on environmental factors and their habitat needs. Identifying the constituent elements of the forest, is the most principled way to optimally manage it, because nutrients and soil microorganism's activities, especially in arid and semi-arid ecosystems, accumulate under the canopy, and these effects are also related to the size and extent of the canopy and cause changes in the various soil characteristics. So far, no research has been conducted on the various soil characteristics under and outside the canopy of the native and valuable species of *Ziziphus spina-christi* (L.) Desf. and *Ziziphus nummularia* (Burm.f.) Wight & Arn., as well as on determining their soil quality index in these habitats. The purpose of the present study is to investigate the effect of their canopy cover on various soil properties so that, by better understanding their impact on the soil and the causes of changes in their habitat, a general perspective can be provided to managers in the fields of natural resources.

Materials and Methods: 15 soil samples were randomly collected from the surface soil under the canopy and outside the canopy (control) of natural stands of *Z. spina-christi* in Dashti and *Z. nummularia* in Dashtestan in Bushehr province in an eastward direction from a depth of 0 to 15 cm. To obtain a composite soil sample from under and outside the canopy of *Z. spina-christi* and *Z. nummularia* trees, soil samples collected from under and outside the canopies of three randomly selected trees were thoroughly mixed together and converted into a composite sample, resulting in five composite soil samples from under the canopy and five composite soil samples from outside the canopy of *Z. spina-christi* and *Z. nummularia* trees. Using standard methods, the physical, chemical and biological properties of the soil were measured in the collected samples. Then, the normality of some variables was confirmed by the Shapiro-Wilk test and the positions under and outside the canopies of the two species, *Z. spina-christi* and *Z. nummularia*, were compared with the independent T-test and the non-normal data with the non-parametric Mann-Whitney U test. The soil quality index was obtained based on three steps: determining the minimum data, giving a score to each of the data used, and merging and averaging the scores, and was analyzed as above.

Results: Under the canopy of the *Z. spina-christi*, Mn and Zn concentrations were, 202.8±9.3 and 49.2±1.46 (mg/kg), respectively. Basal microbial respiration was 2.08±0.09 (mg $CO_2.g^{-1}$ dm.24 h^{-1}) and Substrate-induced respiration was 59.02±6.35 (mg $CO_2.100\ g^{-1}$ dm.h^{-1}), under the canopy of the *Z. nummularia*, saturated moisture content was 41.2±0.71 (%), OC was 26.2±0.12 (%), N was 0.22±0.012 (%), and microbial biomass carbon was 2.98±0.36 (mg biomass-C.100 g^{-1}dm), outside the canopy of *Z. nummularia*, Na concentration was 4670±59.54 (mg/kg. These values were significantly higher in the respective locations. Under the canopy of both species, pH, 7.38±0.04 and 7.64±0.06, P, 959.6±21.24 and 783±8.3 (mg/kg), nitrification potential 376.87±17.64 and 633.23±59.93 (µg $N.g^{-1}dm.5h^{-1}$), and SQ I 8.74±0.04 and 8.8±0.15, respectively, were significantly higher.

Conclusion: The exchange of nutrients, biological activities and soil quality index were higher under the canopy of *Z. spina-christi* and *Z. nummularia* trees. Therefore, the type of tree species and canopy cover can have different effects on different soil properties, and to improve these properties, it is necessary to maintain the vegetation cover of the area and, if necessary, restore it with native species. With continuous soil monitoring, at different time intervals, it is predicted that in the future it will be possible to more accurately assess the changes in the soil of their habitats and collect valuable information.

Keywords: Dashti, Dashtestan, Soil Quality Index, Soil Biological properties.

[*] Corresponding author Tel: +989124072530 Email: matini@rifr-ac.ir