



اثر پوشش تاغ بر شوری، کیفیت و فعالیت زیستی خاک در اکوسیستم‌های بیابانی

صدیقه زارع کیا^{۱*}، محمد متینی‌زاده^۲، امیر پرنیان^۳ و الهام نوری^۴

^۱دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل و مرتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

^۲دانشیار پژوهش و محقق، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

^۳استادیار پژوهشی، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۱۲)

چکیده

مقدمه: پوشش گیاهی در مناطق بیابانی، با وجود ظاهر ساده، دارای روابط پیچیده با یکدیگر و با اکوسیستم اطراف خود هستند. با پژوهش درباره رابطه خاک و گیاهان، می‌توان خصوصیات هر یک را شناخت و از این دانش برای مدیریت صحیح بر اساس اصول اکولوژیکی بهره برد. این پژوهش با هدف بررسی خصوصیات خاک در جنگل‌های مناطق خشک و تأثیر درختچه‌های تاغ بر این خصوصیات انجام گرفته است تا گامی در زمینه مدیریت بهینه این اکوسیستم‌ها برداشته شود.

مواد و روش‌ها: این بررسی در یک قطعه نمونه دائمی به وسعت یک هکتار (۱۰۰×۱۰۰ متر) اجرا شد. در این قطعه نمونه ۱۵ نمونه خاک از عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متر از زیر آشکوب تاغ و ۱۵ نمونه خاک از منطقه شاهد (بدون پوشش) به صورت تصادفی برداشت شد. بلافاصله پس از نمونه‌برداری، بخشی از نمونه‌های خاک در کیسه‌های پلاستیکی (برای آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی) و بخش دیگر در شرایط سرد (۴ درجه سانتی‌گراد برای آزمایش‌های زیستی) نگهداری شد و برای تجزیه و تحلیل بعدی به آزمایشگاه انتقال یافت. برای سنجش ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، نمونه‌های خاک پس از هوا خشک شدن، از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شده و در دمای محیط برای اعمال روش‌های لازم نگهداری شد. تجزیه و تحلیل نتایج با استفاده از آزمون t مستقل انجام گرفت.

یافته‌ها: در بیشتر ویژگی‌های خاک، افزایش چشمگیری در خاک زیر آشکوب درخت تاغ نسبت به شاهد مشاهده شد. به طوری که مقدار شوری خاک زیر آشکوب درختچه تاغ ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر بود که دو برابر شاهد است. مقدار ماده آلی، فسفر، پتاسیم، روی، منگنز و منیزیم در زیر آشکوب تاغ به ترتیب ۰/۳۴، ۰/۳۶، ۴۶۹، ۵/۶، ۰/۳۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود که حدود دو برابر شاهد بود. اما آهن و کلسیم اختلاف معنی‌داری نداشت. تنفس پایه خاک زیر تاغ پوشش تاغ به طور معنی‌داری بیشتر از شاهد بود و به ترتیب مقادیر ۱/۳۴ و ۰/۴۹ میلی‌گرم CO₂ در هر گرم خاک در روز برآورد شد. خاک زیر آشکوب درختچه‌ها بالاترین پتانسیل نیتریفیکاسیون (۳۱/۶۶ میکروگرم در هر گرم خاک) را نشان داد که تقریباً دو برابر خاک شاهد (۱۶/۶۶ میکروگرم بر گرم) بود. در تنفس القایی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و به طور متوسط ۲۰/۷ میلی‌گرم CO₂ در هر گرم خاک در روز برای هر دو منطقه اندازه‌گیری شد. کربن زیست‌توده میکروبی نیز تغییر معنی‌داری نشان نداد، اگرچه در شاهد (۱/۷۷ میلی‌گرم بر گرم) کمی بیشتر از خاک زیر آشکوب درختچه‌ها (۱/۴۹ میلی‌گرم بر گرم) بود.

نتیجه‌گیری: با توجه به تأثیر مثبت درختچه تاغ بر عناصر مغذی و افزایش ماده آلی خاک و همچنین افزایش شاخص‌های تنوع زیستی رویشگاه که در طولانی مدت موجب حفاظت و بهبود ساختمان خاک و سطوح بیابانی می‌شود و از طرفی توانایی سازگاری و مقاومت مطلوب این درختچه با شرایط آبهوایی خشک و شکننده مناطق خشک و بیابانی، حفظ و احیای این گونه بومی بالارزش بسیار حیاتی است. توسعه برنامه‌های احیا و استفاده از گونه‌های متناسب با شرایط بیابانی می‌تواند راه‌حلی مؤثر برای بهبود کیفیت خاک و افزایش پوشش گیاهی در این مناطق ارائه دهد.

واژه‌های کلیدی: تنفس برانگیخته، مناطق خشک، مواد آلی، ویژگی‌های خاک، هدایت الکتریکی.

مقدمه

اکوسیستم‌های بیابانی و مناطق خشک بخش وسیعی از سطح ایران را تشکیل می‌دهند و به دلیل محدودیت شدید منابع آب، فقر مواد آلی و شوری زیاد خاک، از مهم‌ترین سامانه‌های بوم‌شناختی به شمار می‌روند (Matinizadeh et al., 2026) در این اکوسیستم‌ها، خاک بستر اصلی استقرار پوشش گیاهی است و تأثیر مهمی در پایداری یا زوال سیستم دارد (Matinizadeh et al., 2024). ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک به طور مستقیم بر استقرار گیاهان، چرخه عناصر غذایی و فعالیت میکروارگانیسم‌ها اثرگذارند و تغییرات جزئی در این ویژگی‌ها می‌تواند پیامدهای گسترده‌ای در عملکرد اکوسیستم داشته باشد (Rousta et al., 2023). پوشش گیاهی بسته به نوع گونه بر خصوصیات خاک اثرهای متفاوتی دارد، چراکه گیاهان در استفاده از منابع در دسترس، نوع ذخیره مواد غذایی و ترکیبات شیمیایی ایجادشده در برگ سبب تشکیل الگوهای متفاوتی در تجزیه مواد آلی و در نهایت خصوصیات خاک می‌شوند (Rossetti et al., 2015).

در اکوسیستم‌های جنگلی مناطق خشک و نیمه‌خشک، یکی از مهم‌ترین چالش‌ها، حفظ کیفیت خاک و چرخه عناصر غذایی است. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که گونه‌های درختی مختلف می‌توانند از طریق تأثیر بر مقدار کربن آلی، چرخه نیتروژن و بقیه عناصر غذایی، بر ویژگی‌های خاک تأثیر بگذارند (Moshki et al., 2024; Onyekwelu et al., 2006). درختان و درختچه‌ها با افزایش رطوبت خاک و محافظت از خاک زیرین در برابر دمای زیاد، به حفظ نیتروژن (N) در خاک، افزایش ماده آلی خاک و ایجاد محیط مناسب برای میکروارگانیسم‌ها کمک می‌کنند (Zarafshar et al., 2023). تجمع لاشبرگ در زیر تاج پوشش درخت موجب کاهش فشردگی، کاهش فرسایش ناشی از برخورد قطرات آب با خاک و جلوگیری از شست‌وشوی مواد مغذی، افزایش

نفوذپذیری و ذخیره آب در لایه سطحی خاک می‌شود (Gallardo, 2003). ریشه درختان نیز به علت تأثیر در تراکم و همزیستی ریشه‌ها و ایجاد یک میکروسایت مناسب برای رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌ها (Nouri et al., 2018) و نیز ترشحات متفاوتی که از خود تولید می‌کنند، اثرهای متفاوتی بر خصوصیات خاک می‌گذارند (Nouri et al., 2020).

این تغییرات محیطی، جوامع میکروبی خاک را از طریق افزایش زیست‌توده و فعالیت آنها بهبود می‌بخشد (Jia et al., 2010). درختچه‌ها نیز با تشکیل جزایر حاصلخیز (لکه‌های غنی از مواد مغذی)، به تثبیت تپه‌های شنی کمک می‌کنند که این امر از نظر بوم‌شناختی و اقتصادی در اکوسیستم‌های بیابانی حائز اهمیت است (Cao et al., 2016). در نتیجه، توزیع فضایی درختچه‌های بیابانی تأثیر مهمی بر چرخه‌های بیوژئوشیمیایی مواد مغذی خاک دارد (Cross & Schlesinger, 1999). می‌توان گفت پوشش گیاهی اثر مهمی در حفاظت خاک در برابر فرسایش و هدررفت عناصر غذایی آن دارد (Rostamizad et al., 2018) و در بهبود ساختمان خاک مؤثر است (Smith, 2007; Bazgir et al., 2020). پژوهشی در مناطق جنگلی جنوب اروپا نشان داد که تخریب جنگل‌ها و کاهش پوشش گیاهی، سبب کاهش شدید ذخیره کربن و افزایش نرخ فرسایش خاک شده است (Garcia-Franco et al., 2014). از این رو بررسی رابطه میان گیاه و خاک از مهم‌ترین عوامل در مدیریت صحیح و منطبق بر اصول (مدیریت پایدار) جنگل‌هاست.

گونه تاغ نوعی گونه مقاوم در رویشگاه‌های مختلف است که به صورت طبیعی، توده‌های کم‌وبیش انبوه و پراکنده‌ای را در بعضی از نقاط بیابان‌های ایران تشکیل می‌دهد. از زمانی که مبارزه با حرکت شن‌های روان و بیابان‌زایی به صورت سازمان‌یافته در کشور آغاز شد، گونه تاغ با تکیه بر رویشگاه‌های طبیعی، به عنوان یک گونه مناسب برای مبارزه بیولوژیک با پدیده بیابان‌زایی در سطح وسیع استفاده شده است. نتایج

مثبت جنگلکاری‌های اولیه، موجب شد توجه به گونه‌ی تاغ بیش از پیش افزایش یابد؛ تا حدی که در عرصه‌های احیاشده در دشت لوت و دشت کویر، گونه‌ی غالب و حتی منحصربه‌فرد شد (Rad et al., 2009; Shayesteh Zeraati et al., 2017).

در پژوهشی با تمرکز بر دو گونه‌ی *Haloxylon* و *H. persicum* که در زیستگاه‌های مختلف صحرای Gurbantunggut رشد می‌کنند، اثرهای مهم ریزوسفری بر فعالیت میکروبی، فراوانی، جامعه میکروبی و ویژگی‌های خاک شناسایی شد. اثرهای ریزوسفری *H. ammodendron* بر فعالیت میکروبی قوی‌تر از *H. persicum* بود، اما اثر جزیره حاصلخیزی در *H. persicum* قوی‌تر از *H. ammodendron* مشاهده شد. این یافته نشان داد که خاک ریزوسفری *H. persicum* برای ذخیره مواد مغذی مناسب‌تر از *H. ammodendron* است (Li et al., 2023).

پژوهشی در منطقه اردکان استان یزد نشان داد که تاغکاری موجب بهبود ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک، از جمله کاهش هدایت الکتریکی و افزایش عناصر حاصلخیزی مانند پتاسیم شده است (Mahmoudi et al., 2012; Mahdavi et al., 2011). نشان دادند که مقدار ماده آلی و نیتروژن کل در تاغزارهای طبیعی بیشتر از تاغزارهای دست‌کاشت است. Farahi et al. (2014) در مقایسه اثرهای تاغ و گز بر ویژگی‌های خاک دریافتند که شاخص‌های حاصلخیزی خاک در عرصه تاغکاری افزایش معناداری داشت، درحالی که برخی ویژگی‌های مخرب خاک در عرصه گزکاری مشاهده شد. در پژوهشی جدیدتر، Ordibehesht et al. (2024) نشان دادند که بیشترین مقدار ذخیره کربن خاک (۱۹۱ تن در هکتار) در تیمار زیر تاج درختچه گز مشاهده شده است و ویژگی‌های خاک مانند واکنش خاک، مقدار ماده آلی و پتاسیم نیز در این مناطق نسبت به مناطق شاهد افزایش داشته است.

با وجود نتایج ارزشمند پژوهش‌های پیشین در ایران، بیشتر این پژوهش‌ها تمرکز اصلی خود را بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک معطوف کرده‌اند و شاخص‌های زیستی خاک به صورت محدود یا مجزا بررسی شده‌اند. همچنین بیشتر این تحقیقات در تاغزارهای دست‌کاشت یا در شرایط اقلیمی متفاوت انجام گرفته و اطلاعات اندکی درباره عملکرد اکولوژیک تاغ در تاغزارهای طبیعی مناطق بسیار خشک در دسترس است. افزون بر این، به اثر همزمان گونه تاغ بر بهبود شاخص‌های حاصلخیزی خاک و افزایش شوری سطحی، کمتر توجه شده است. از این رو، پژوهش حاضر با بررسی تلفیقی ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک در زیرآشکوب تاغ طبیعی، در پی پر کردن این خلأ پژوهشی و ارائه تصویری واقع‌بینانه‌تر از نقش اکولوژیک این گونه در اکوسیستم‌های بیابانی است.

مواد و روش‌ها

منطقه پژوهش

منطقه پژوهش در حاشیه جاده یزد- مروست در ۴۰ کیلومتری مروست واقع شده است. طول و عرض جغرافیایی منطقه (ضلع جنوب غربی قطعه یک هکتار) به ترتیب ۳۱° ۱۳' ۵۴" درجه شرقی و ۳۵° ۵۲' ۳۰" درجه شمالی و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۷۴۶ متر است (شکل ۱). تیپ غالب منطقه تاغ *Haloxylon ammodendron* (C.A.Mey.) Bunge (ex Fenzl) است. این منطقه تحت چرای شتر قرار می‌گیرد. خاک منطقه در دسته خاک‌های شور و غیر سدیمی قرار دارد و بیشتر بافت خاک، شنی لومی است. همچنین این خاک‌ها دارای سنگفرش بیابانی است که حافظ اصلی محیط در برابر فرسایش بادی است. بارندگی متوسط سالانه در این منطقه ۶۳ میلی‌متر و دمای متوسط ۱۸ درجه سانتی‌گراد است. این بررسی در یک قطعه نمونه دائمی به وسعت یک هکتار (۱۰۰×۱۰۰ متر) صورت گرفت. این قطعه

توجه به یکنواختی نسبی شرایط شیب و جهت جغرافیایی، تعداد نمونه‌های مرکب کافی برای دستیابی به صحت و دقت نتایج محسوب می‌شود. نمونه‌های خاک بلافاصله پس از برداشت، به دو قسمت تقسیم شدند: بخشی برای سنجش ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک که پس از هوا خشک شدن و عبور از الک ۲ میلی‌متری، در دمای محیط نگهداری شد و بخش دیگر برای سنجش ویژگی‌های زیستی خاک در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد حفظ و به آزمایشگاه منتقل شد.

آزمایش‌های فیزیکی خاک شامل بافت خاک به روش هیدرومتری (Ghazan-Shahi, 1997) است. آزمایش‌های شیمیایی شامل آزمایش واکنش خاک با دستگاه pH متر (نسبت ۱ به ۲/۵)، هدایت الکتریکی (EC) عصاره اشباع خاک با دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی، درصد کربن آلی خاک به روش اکسایش تر (Walkley & Black, 1934)، نیتروژن کل (TN) با روش کل‌دال (Ghazan-Shahi, 1997)، فسفر قابل جذب به روش رنگ‌سنجی (Olsen & Sommers, 1954) با دستگاه اسپکتروفتومتر است. همچنین مقدار پتاسیم، کلسیم، سدیم، منیزیم، منگنز، آهن و روی با عصاره‌گیر استات آمونیوم و دستگاه جذب اتمی (Ghazan-Shahi, 1997) اندازه‌گیری شد.

برای ارزیابی ویژگی‌های زیستی خاک، تنفس میکروبی پایه با انکوباسیون نمونه خاک مرطوب و اندازه‌گیری CO₂ آزادشده با تیتراسیون سود اندازه‌گیری شد. تنفس میکروبی برانگیخته نیز با افزودن گلوکز و سنجش CO₂ در بازه زمانی کوتا مدت محاسبه شد. زی‌توده کربن میکروبی با استفاده از روش تدخین - استخراج با کلروفرم تعیین شد. در این روش، پس از تیمار نمونه با کلروفرم برای لیز کردن سلول‌های میکروبی، کربن آزادشده با محلول سولفات پتاسیم (۰/۵ مولار) استخراج شده و سپس مقدار کربن استخراجی با روش رنگ‌سنجی والکلی - بلک (Sparling & West, 1988) اندازه‌گیری می‌شود.

نمونه دائمی در دوره‌های زمانی متعدد برای پایش پوشش گیاهی غالب و تراکم گونه‌ها، بررسی اثر چرای شتر بر اکوسیستم تاغزار و ارزیابی ویژگی‌های خاک و فرسایش بادی انتخاب شده است.

شیوه اجرای پژوهش

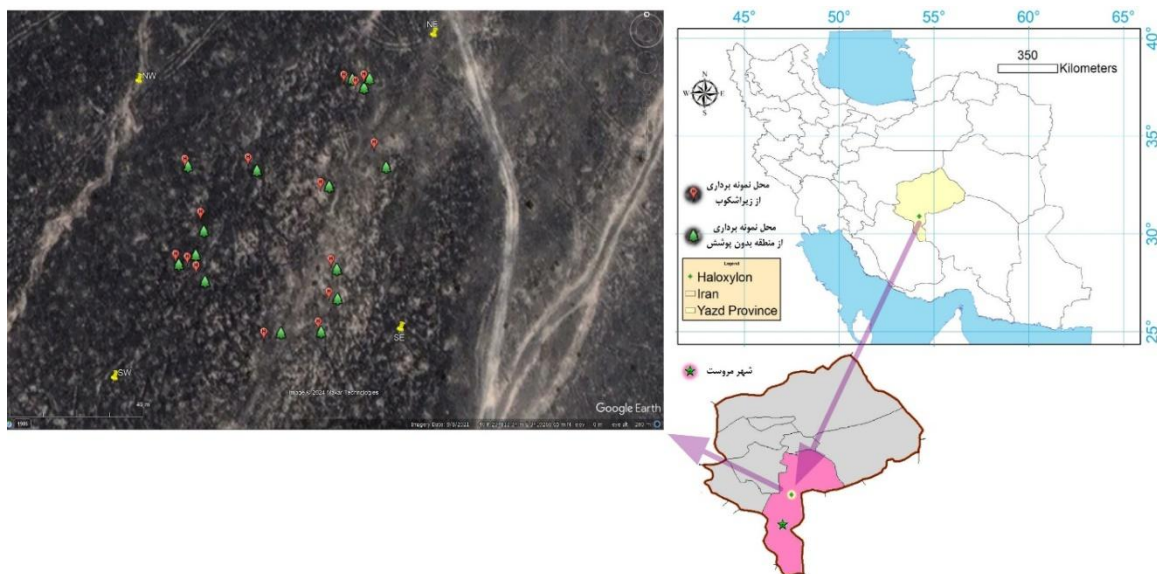
برای بررسی و نمونه‌برداری افق‌ها و لایه‌های خاک، گودالی به ابعاد ۲×۱ و عمق تقریبی ۱/۵ تا ۲ متر حفر شد. خاک‌رخ (پروفیل) گودال حفرشده طبق روش استاندارد (Schoeneberger et al., 2012) بررسی و تشریح شد و از هر یک از افق‌های خاک نمونه‌برداری صورت گرفت.

برای دستیابی به شاخص‌های کیفیت خاک، ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک بررسی شد. به این منظور در قطعه نمونه یک‌هکتاری در مجموع ۳۰ نمونه خاک از عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متر برداشت شد. ۱۵ نمونه خاک در زیرآشکوب درختچه‌های تاغ (در فاصله میان تنه تا لبه انتهایی تاج) و ۱۵ نمونه خاک از بیرون از تاج و محلی که گیاه وجود نداشت (شاهد) برداشت شد. نقاط نمونه‌برداری به گونه‌ای انتخاب شدند که تفاوت‌های ناشی از بقیه عوامل محیطی (مانند شیب و جهت جغرافیایی) حداقل باشد و تنها حضور یا نبود تاج درختان تاغ معیار اصلی مقایسه باشد. برای نقاط زیر تاج، درختانی با قطر تنه و تاج مشابه انتخاب شده و نمونه‌ها به صورت تصادفی در محدوده تعیین‌شده برداشت شدند. مختصات هر نمونه به منظور تهیه نقشه نمونه‌برداری ثبت شد (شکل ۱). برای افزایش دقت و کاهش اثر تغییرپذیری طبیعی خاک، از هر ۱۵ نمونه خاک برداشت‌شده در هر بخش (زیر تاج و منطقه شاهد) سه نمونه به صورت تصادفی ترکیب شده و یک نمونه مرکب تهیه شد. به این ترتیب، پنج نمونه مرکب نماینده شرایط متوسط خاک در هر بخش هستند. این روش نمونه‌برداری مرکب مطابق استانداردهای متداول در پژوهش‌های اکولوژییک و خاک‌شناسی (Schoeneberger et al., 2012) استفاده می‌شود و با

نرمال بودن متغیرها و همگنی واریانس داده‌ها تأیید و سپس از آزمون تی (Independent sample t-test) برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. همه آنالیزها به وسیله نرم‌افزار R-studio انجام گرفت و نمودارها در محیط Excel رسم شدند.

پتانسیل نیتریفیکاسیون با انکوباسیون خاک مرطوب با سولفات آمونیوم و اندازه‌گیری نترات تولیدی در ۵ ساعت در دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد ارزیابی شد (Schinner et al., 1996).

به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها، ابتدا با آزمون‌های شاپیرو-ویلک و لون (Shapiro-Wilk و Levene)،



شکل ۱- موقعیت منطقه و نقاط نمونه‌برداری خاک از زیر آشکوب تاغ و شاهد (منطقه بدون پوشش) در قطعه یک‌هکتاری در منطقه مروست

Figure 1. Location of study area and soil sampling points under the *Haloxylon* canopy and the control in a one-hectare plot in the Marvast region

عدد ۷ برآورد شد. بافت خاک نیز در این رویشگاه (چه در زیر آشکوب و چه در شاهد) شنی لومی است.

اثر تاغ بر خصوصیات شیمیایی خاک

مقایسه میانگین ویژگی‌های شیمیایی خاک‌های شاهد و زیر آشکوب درختچه تاغ نشان می‌دهد که در عمق ۰ تا ۱۵ سانتی‌متری، ویژگی‌های ماده آلی، پتاسیم، نیتروژن، فسفر، منگنز، سدیم و منیزیم در خاک پای گونه تاغ نسبت به منطقه شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است (جدول ۲ و شکل ۳). مقدار کربن آلی خاک در زیر آشکوب تاغ ۰/۳۴ درصد و در شاهد ۰/۰۷ درصد است که نشان می‌دهد درختچه تاغ سبب افزایش پنج‌برابری مقدار کربن آلی خاک شده است. درباره فسفر، پتاسیم، منگنز و روی

نتایج

اثر تاغ بر ویژگی‌های فیزیکی و شوری و واکنش خاک

نتایج آنالیز بافت خاک نشان می‌دهد که در هر دو قسمت زیر آشکوب تاغ و منطقه شاهد، بافت خاک شنی لومی است.

نتایج نشان داد که گونه تاغ سبب افزایش شوری خاک شده است، ولی تأثیری بر واکنش و بافت خاک نداشته است (جدول ۱ و شکل ۲). مقدار شوری در پای درخت تاغ در حدود ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر و در شاهد حدود ۵ دسی‌زیمنس بر متر است که بیانگر شوری حدود دوبرابری در زیر آشکوب تاغ نسبت به شاهد است. واکنش خاک در رویشگاه تاغ در حدود

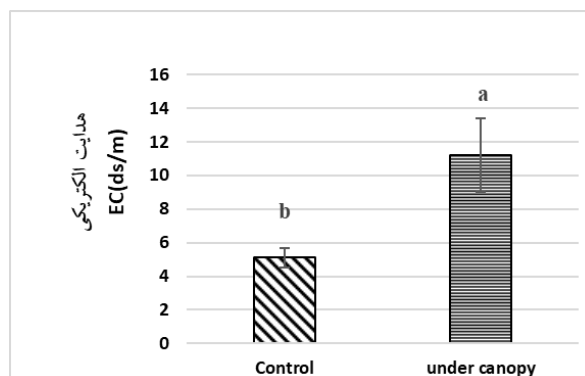
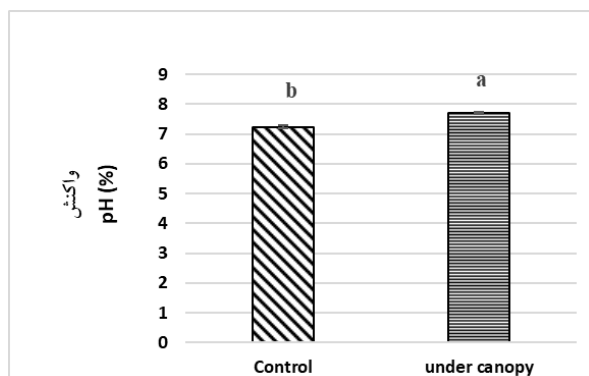
برآورد شد. در خصوص پارامترهای آهن، آهک و کلسیم، اختلافی معنی‌داری بین زیرآشکوب تاغ و خارج آن وجود ندارد. مقدار آهک در زیرآشکوب تاغ و خارج از آن حدود ۱۸ درصد است. همچنین مقدار کلسیم خاک در زیرآشکوب تاغ و خارج از آن به ترتیب ۳۵ و ۲۸ میلی‌اکی‌والان بر لیتر برآورد شد که اختلاف معنی‌داری را نشان نداد.

نیز نتایج نشان داد که مقدار این پارامترها در زیرآشکوب درختچه تاغ به ترتیب ۵/۶۴، ۴۶۹/۲، ۳/۶۴ و ۰/۳۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم است که افزایش دوبرابری را نسبت به شاهد نشان می‌دهد. این افزایش در پارامتر سدیم و نسبت جذب سدیم خاک (SAR) در زیرآشکوب تاغ نسبت به شاهد چهاربرابر است، به‌طوری که مقدار سدیم و نسبت جذب سدیم خاک (SAR) در زیرآشکوب درختچه به ترتیب ۸۳ و ۱۷/۶۵

جدول ۱- نتایج آزمون t مقایسه ویژگی‌های فیزیکی و شوری و واکنش خاک زیرآشکوب تاغ با منطقه شاهد

Table 1. Results of t-test comparing physical properties, salinity and acidity of the soil under *Haloxylon* with the control area

ویژگی Factor	منطقه Area	درجه آزادی DF	t Value	Pr > t
رس (%) Clay (%)	Under Canopy Control	8	0.44	0.67
سیلت (%) Silt (%)	Under Canopy Control	8	0.31	0.76
شن (%) Sand (%)	Under Canopy Control	8	-0.67	0.52
واکنش pH	Under Canopy Control	8	7.67	<0.001
هدایت الکتریکی (ds/m) EC (ds/m)	Under Canopy Control	8	2.69	0.04



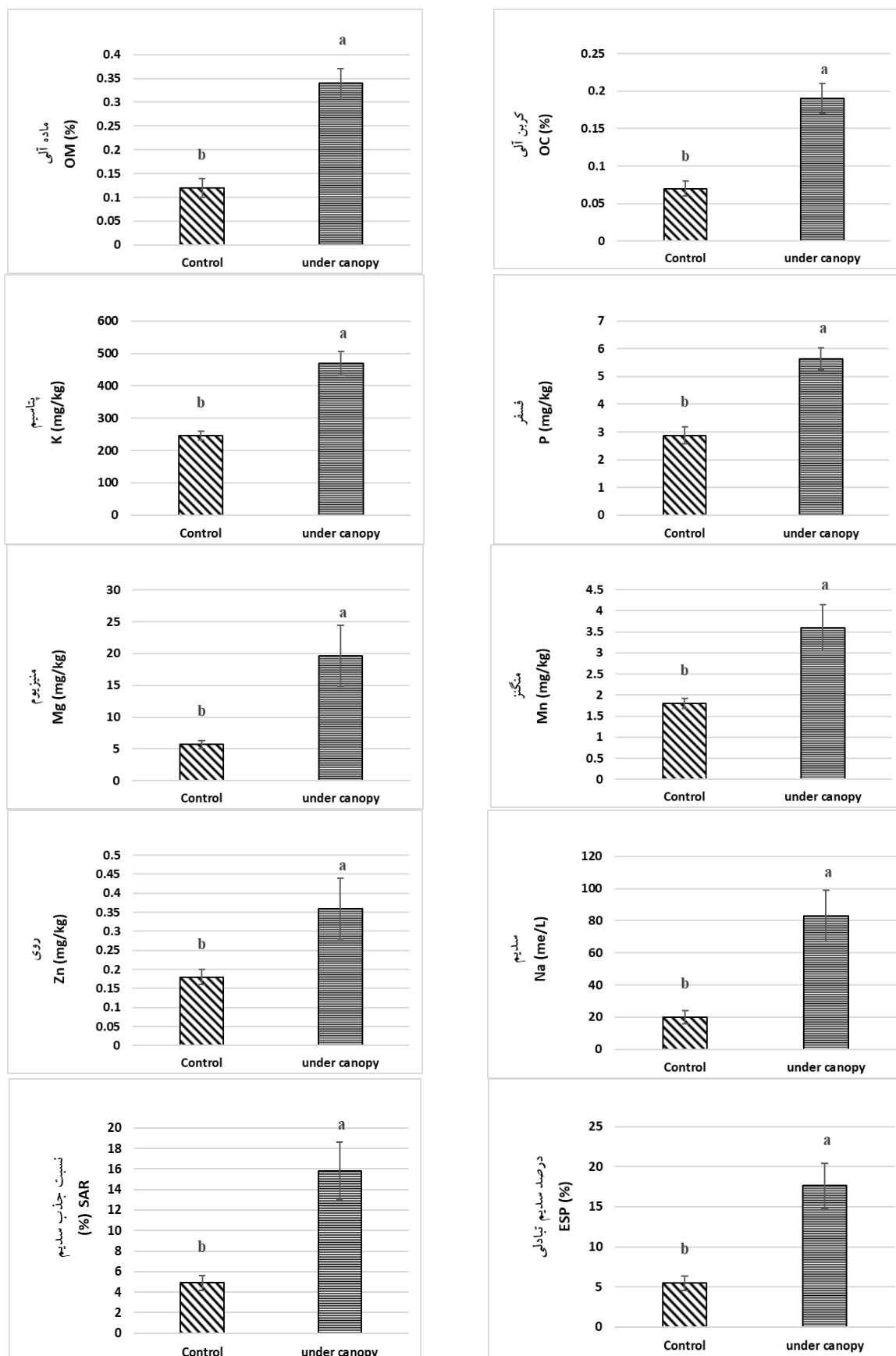
شکل ۲- مقایسه میانگین خصوصیات فیزیکی خاک در دو منطقه زیرآشکوب درختچه‌های تاغ و شاهد

Figure 2. Box plot of physical properties of soil in two areas under canopy and the control

جدول ۲- نتایج آزمون t مقایسه ویژگی‌های شیمیایی خاک زیر آشکوب شاخه و منطقه شاهد

Table 2. Results of t-test comparing chemical properties of the soil under *Haloxylon* canopy and the control

ویژگی Factor	منطقه Area	درجه آزادی DF	t Value	Pr > t
کربن آلی (%)	Under Canopy	8	6.94	0.0001
OC (%)	Control			
ماده آلی (%)	Under Canopy	8	6.94	0.0001
OM (%)	Control			
فسفر (mg/kg)	Under Canopy	8	6.05	0.0003
P (mg/kg)	Control			
پتاسیم (mg/kg)	Under Canopy	8	5.65	0.0005
K (mg/kg)	Control			
آهن (mg/kg)	Under Canopy	8	-0.21	0.84
Fe (mg/kg)	Control			
روی (mg/kg)	Under Canopy	4.35	2.32	0.07
Zn (mg/kg)	Control			
منیزیم (me/L)	Under Canopy	4.14	2.86	0.04
Mg (mg/kg)	Control			
منگنز (mg/kg)	Under Canopy	4.43	3.26	0.02
Mn (mg/kg)	Control			
کلسیم (me/L)	Under Canopy	8	1.30	0.23
Ca (me/L)	Control			
سدیم (me/L)	Under Canopy	4.4	3.71	0.017
Na (me/L)	Control			
درصد سدیم تبادلی (%)	Under Canopy		4.13	
(Exchangable Sodium Percentage)	Control	4.8		0.009
نسبت جذب سدیم	Under Canopy		3.78	
(Sodium adsorption ratio)	Control	4.51		0.015



شکل ۳- مقایسه میانگین خصوصیات شیمیایی خاک در دو منطقه زیر آشکوب تاغ و شاهد

Figure 3. Box plot of chemical properties of soil in two areas under *Haloxylon* canopy and the control

نتایج آزمایش‌های زیستی

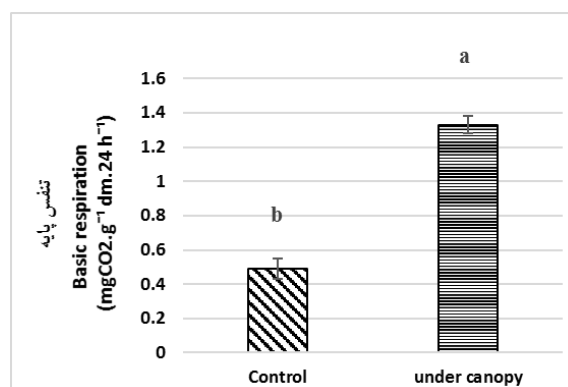
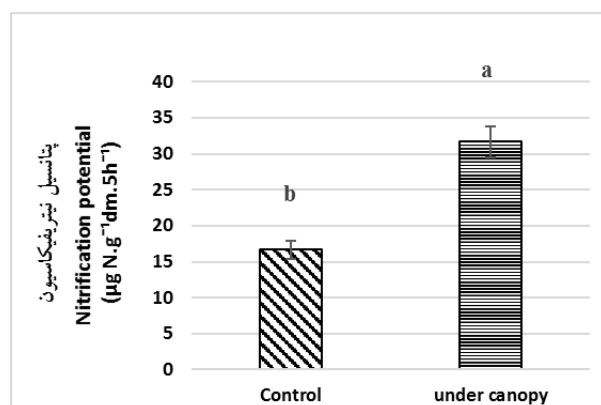
تنفس پایه در زیر تاج پوشش درختچه تاغ به‌طور معناداری ($P < 0.05$) با مقدار $1/34$ میلی گرم CO_2 در گرم خاک در روز بیشتر از فضای آزاد ($0/49$ میلی گرم CO_2 در گرم خاک در روز) مشاهده شد. بیشترین پتانسیل نیتریفیکاسیون ($31/66$ میکروگرم بر هر گرم خاک) در خاک زیر آشکوب تاغ حاصل شد. خاک شاهد کمترین پتانسیل نیتریفیکاسیون ($16/66$ میکروگرم بر هر گرم خاک) را به خود اختصاص داد (جدول ۳ و شکل ۴).

تنفس برانگیخته در زیر آشکوب تاغ و شاهد اختلاف معنی‌داری نداشته است و مقدار آن در زیر آشکوب و شاهد در حدود $20/7$ میلی گرم بر گرم خاک در روز بوده است. همچنین زیست توده میکروبی کربن در زیر آشکوب و شاهد اختلاف معنی‌داری با هم نداشته است؛ با این حال مقدار آن در خارج از تاج گیاه تاغ (شاهد) با $1/77$ میلی گرم بر هر گرم خاک بیشتر از مقدار آن در زیر آشکوب گیاه ($1/49$ میلی گرم بر هر گرم خاک) بوده است.

جدول ۳- نتایج آزمون t مقایسه ویژگی‌های زیستی خاک زیر آشکوب تاغ با منطقه شاهد

Table 3. Results of t-test comparing biological properties of the soil under *Haloxylon* canopy and the control area

ویژگی Factor	منطقه Area	درجه آزادی DF	t Value	Pr > t
تنفس پایه ($\text{mgCO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dm} \cdot 24 \text{ h}^{-1}$)	Under Canopy	8	10.68	0.0001
Basic respiration ($\text{mgCO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dm} \cdot 24 \text{ h}^{-1}$)	Control			
تنفس برانگیخته ($\text{mgCO}_2 \cdot 100 \text{ g}^{-1} \cdot \text{dm} \cdot \text{h}^{-1}$)	Under Canopy	8	-0.01	0.988
Induce respiration ($\text{mgCO}_2 \cdot 100 \text{ g}^{-1} \cdot \text{dm} \cdot \text{h}^{-1}$)	Control			
زیست توده میکروبی کربن ($\text{mg } 100 \cdot \text{Dry soil}^{-1}$)	Under Canopy		-0.85	
microbial biomass carbon ($\text{mg } 100 \cdot \text{Dry soil}^{-1}$)	Control	8		0.41
پتانسیل نیتریفیکاسیون ($\mu\text{g N} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dm} \cdot 5 \text{ h}^{-1}$)	Under Canopy		6.04	
Nitrification potential ($\mu\text{g N} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dm} \cdot 5 \text{ h}^{-1}$)	Control	8		0.0003



شکل ۴- مقایسه میانگین خصوصیات زیستی خاک در دو منطقه زیر آشکوب تاغ و شاهد

Figure 4. Box plot of biological properties of the soil in two areas under *Haloxylon* canopy and the control

ammodendron (C.A.Mey.) Bunge ex Fenzl و *Xylosalsola arbuscula* (Pall.) Tzvelev (شور درختچه‌ای) است و خاک به‌طور کلی لوم شنی (sandy loam) است. این ناحیه دارای شرایط جوی خشک و

تشریح خاک رخ در منطقه جنگل تاغ خاک رخ در منطقه تاغ، در ۳۰ کیلومتری مروست و با ارتفاع ۱۵۱۹ متر دارای ویژگی‌های زیر است: پوشش گیاهی اصلی منطقه شامل *Haloxylon*

نیمه‌خشک با رژیم رطوبتی خشک (Aridic) و حرارتی گرم (Thermic) است. خاک رخ شامل چهار افق با عمق‌های مختلف است که رنگ خاک در حالت خشک از $YR\ 6/4\ ۱۰$ تا $YR\ 4/4\ ۵$ تغییر می‌کند. رنگ YR خاک اغلب ناشی از اکسیداسیون آهن است، نه ماده آلی. مرز افق‌ها در افق‌های A و B1 واضح و در افق‌های B2 و C کم‌وضوح است. عمق افق‌ها از ۹ سانتی‌متر تا بیش از ۹۰ سانتی‌متر متغیر است. با توجه به بافت شنی-لوم، سنگفرش بیابانی و ماده آلی کم، ظرفیت نگهداری آب اندک است که با رشد پراکنده تاغ و شور درختچه‌ای در منطقه همخوانی دارد.

از نظر فیزیوگرافی، خاک در این ناحیه به شکل BS basin و با بافت‌های مختلف در افق‌های گوناگون توصیف می‌شود. مقدار سنگریزه سطحی و عمقی در نیمرخ خاک به ترتیب ۳۰ و ۶۰ درصد و پوشش سنگ در سطح خاک بیش از ۵۰ درصد است. زهکشی خاک ضعیف است و احتمال وقوع سیل و ماندابی، بسیار کم و به مدت بسیار کوتاه است. از نظر شیمیایی، خاک دارای واکنش به نسبت زیاد و مقادیر متفاوتی از قابلیت هدایت الکتریکی در عصا‌ه اشباع است. مقدار نیتروژن و کربن آلی در خاک به نسبت کم است، در حالی که مقدار پتاسیم در افق‌های سطحی بیشتر از افق‌های عمقی است.

بحث

نتایج این پژوهش در خصوص اثر گیاهان بر قابلیت هدایت الکتریکی اشباع خاک نشان داد که این ویژگی در زیراشکوب تاغ نسبت به منطقه بدون پوشش (شاهد) بیشتر است. افزایش قابلیت هدایت الکتریکی ممکن است به دلیل انتقال املاح از عمق به سطح بر اثر فعالیت ریشه‌ها و اضافه شدن برگ و لاشبرگ شور به محیط باشد. همچنین شوری خاک‌ها با افزایش غلظت املاح محلول افزایش می‌یابد (Mahdavi et al., 2011). در

مطالعه‌ای با اندازه‌گیری مقدار هدایت الکتریکی زیراشکوب درخت و بیرون از آن به‌عنوان شاهد بیان شد مقدار هدایت الکتریکی زیراشکوب و شاهد به ترتیب ۱۲۳ و ۸۵ دسی‌زیمنس بر متر است (Mahdavi et al., 2011). (Jafari et al., 2006). شوری را در عمق ۰ تا ۱۰ سانتی‌متری در مناطق تاغکاری‌شده مسیر بزرگراه تهران-قم ۵۶ دسی‌زیمنس بر متر بیان کردند که با افزایش عمق خاک از مقدار شوری آن کاسته می‌شود؛ به طوری که در عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری به ۳/۲۲ کاهش می‌یابد. این مقدار در مناطق شاهد (بدون گیاه تاغ) ۲/۷ دسی‌زیمنس بر متر بوده است. نتایج نشان‌دهنده آن است که ریزش برگ‌های تاغ سبب افزایش چندبرابری شوری و سدیم خاک می‌شود؛ اما برخی از پژوهش‌ها نشان می‌دهند که تاغ سبب اصلاح شوری خاک می‌شود (Nosrati et al., 2016). (Farahi et al., 2014) مقدار هدایت الکتریکی در تاغزارهای منطقه نیاتک سیستان را حدود ۶ دسی‌زیمنس بر متر و Mohammad et al. (2014) مقدار شوری را در تاغزار منطقه عباس‌آباد مشهد ۳۴۶ دسی‌زیمنس بر متر گزارش کرده‌اند. شوری در منطقه تاغزار چاه افضل اردکان یزد در حدود ۸۶ دسی‌زیمنس بر متر گزارش شده است (Mahdavi et al., 2011). همه این گزارش‌ها بر تحمل و توانایی زیاد تاغ در دامنه‌ای وسیع از قابلیت هدایت الکتریکی خاک تأکید دارند. همچنین به نظر می‌رسد که تاغ در شرایط خشک و در خاک‌هایی با توان گذرپذیری آب کم با ریزش مداوم برگ‌های شور، سبب تجمع نمک در سطح خاک و شور شدن محیط پیرامونی خود می‌شود. از این‌رو با افزایش عمق مقدار شوری زیراشکوب تاغ کاهش می‌یابد. همچنین افزایش مقدار سدیم خاک زیراشکوب تاغ سبب تخریب خاکدانه‌ها و در نتیجه کاهش نفوذپذیری آب در خاک و افزایش سرعت تجمع نمک در محیط پیرامون گیاه می‌شود. مقدار شوری در منطقه سیستان در رویشگاه

این خاک به شدت تحت اثر گچ است، اما وجود افق آرجیلیک قوی روی افق کلسیک قطور، نشانهٔ اقلیم پربارش گذشته است؛ از این رو تاکسونومی خاک‌رخ شاهد این *Calcic Argigypsis* است.

نتایج پژوهش در خصوص مادهٔ آلی نشان داد که مقدار آن در زیر آشکوب از شاهد بیشتر است. مقادیر مواد آلی خاک تحت تأثیر چند عامل است که مهم‌ترین آنها کربن معدنی تثبیت شده به صورت مواد آلی بر اثر فعل و انفعالات فتوسنتزی است. از سوی دیگر کاهش مواد آلی در مکان‌هایی که پوشش از بین رفته است، به دلیل دم تولید نشدن مواد گیاهی و تجزیهٔ ذخایر قبلی به علت افزایش دمای خاک در طول فصل گرم است. در واقع درختچهٔ تاغ به دلیل ورود لاشبرگ و دیگر اجزای اندام‌های هوایی به خاک، سبب افزایش مادهٔ آلی در زیر تاج خود می‌شود که نتیجهٔ آن افزایش مقدار کربن آلی خاک است (Ahmadi et al., 2019). (Bazgir & Magsodi, 2019). نتایج (2018) نشان داد که مقدار کربن آلی در زیر گونهٔ تاغ و بیرون از آن به ترتیب ۰/۶۸ و ۰/۲۹ است که معنی‌دار است. در همین زمینه Mahdavi et al. (2011) بیان کردند که مقدار مادهٔ آلی زیر و شاهد به ترتیب ۰/۴۰ - ۰/۳۸ است که معنی‌دار نیست. با توجه به نتایج پژوهش‌های مختلف، مقدار مادهٔ آلی در تاغ‌زارها کمتر از ۱ درصد است. همچنین با افزایش به سبب ریزش برگ و باش گیاه، مقدار شوری و سدیم زیر آشکوب تاغ افزایش داشته که خود سبب کاهش فعالیت میکروبی و افزایش بقای کربن در خاک شده است.

نتایج نشان داد که دیگر ویژگی‌های خاک زیر آشکوب گونهٔ تاغ و مناطق شاهد نیز با هم اختلاف آماری معنی‌داری ندارند. به جز مقدار آهن و کلسیم که اختلافشان در منطقهٔ شاهد و زیر درختچه معنی‌دار نبود، بقیهٔ ویژگی‌های خاک زیر آشکوب گونه‌ها نسبت به منطقهٔ شاهد به طور معنی‌داری بیشتر بود که ممکن است در اثر ریزش اندام‌های

سیاه تاغ ۲/۶ تا ۷۹ و در رویشگاه زرد تاغ ۰/۹۷ تا ۵۱ دسی‌زیمنس بر متر گزارش شده است (Zaboli et al., 2010)، ولی این مقدار در بیابان‌های *Gurbantonggut* چین بسیار کمتر بوده است، به طوری که این مقدار در گونهٔ *H. ammodendron* ۰/۱۱ و در گونهٔ *H. persicum* ۰/۰۷ دسی‌زیمنس بر متر گزارش شد (CongJuan et al., 2010).

در تاغ‌زارها، سنگ‌های مادری، آهکی (اغلب ناشی از فرسایش آبی اقلیم گذشته) هستند و فعالیت جدی عوامل خاک‌سازی در حال حاضر (بارش کمتر از ۷۰ میلی‌متر در سال و کم‌شیب بودن زمین) در این خاک‌های آهکی وجود ندارد. با توجه به وضعیت قلیایی متوسط و شوری، خاک‌های زیر آشکوب تاغ در دستهٔ خاک‌های شور و غیر سدیمی قرار می‌گیرند که اغلب بافت شنی لومی یا شنی با غالبیت بافتی شن و سیلت کم دارند. بر اساس نظر برخی محققان گیاه تاغ به خاک‌های سیلتی-لومی سازگاری داشته و در برابر شوری زیاد خاک مقاومت خوبی نشان می‌دهد (Mirmohammady Maibody et al., 2017). این خاک‌ها در بخش تحت غلبهٔ تاغ، دارای سنگفرش بیابانی هستند که حافظ اصلی محیط در برابر فرسایش بادی است. از این رو باید از دستکاری مکانیکی یا دستبرد به سنگفرش بیابانی (به عنوان معدن ریگ) یا استخراج لایهٔ قدیمی گچی تحت الارض (برداشت برای گچ یا آجر ساختمانی) به طور اکید جلوگیری شود. همچنین با توجه به وجود آثار فرسایش آبی شیاری و تشکیل جوی‌ها، اهمیت حفظ خاک از طریق حفظ پوشش گیاهی و به ویژه سنگفرش بیابانی محل، دوچندان است. از سوی دیگر می‌توان با ایجاد اشکال آبخوان‌داری و حفر چاله‌های کم عمق با حفظ آب، پوشش گیاهی را در موارد تخریب شده تقویت کرد (Seong et al., 2016). منطقه با گیاه غالب تاغ افق سطحی خود را در اثر فرسایش بادی پیشین از دست داده و دارای سنگفرش بیابانی سیاه‌رنگ، اقلیم اریدیک و شرایط دمایی ترمیک است.

در خاک‌های زیرآشکوب تاغ، پتانسیل نیتریفیکاسیون و تنفس پایه بیشتر، زیست‌توده میکروبی و تنفس برانگیخته تفاوتی نسبت به شاهد نشان نمی‌دهد. این نتایج نشان می‌دهد که گیاه تاغ از طریق ورود مواد آلی از ریزش برگ‌ها و ترشحات ریشه‌ای، خلأ اکوسیستم خاکی را تا حدی کنترل می‌کند، حتی زمانی که فعالیت میکروبی و تنفس خاک مشابه شرایط شاهد است. افزایش شوری و برخی عناصر در خاک زیرآشکوب، با وجود سرعت کم تجزیه مواد آلی، احتمالاً نتیجه ترکیبی از ورود جزئی املاح از لاشبرگ، انتقال یونها توسط ریشه‌ها و تبخیر سطحی آب است (Galazka et al., 2019; Bolat & Şensoy, 2022). به بیان ساده‌تر، گیاه تاغ منبع اصلی کربن در محیط خاک و از همین طریق کنترل‌کننده چرخه عناصر غذایی و حیات خاکی اکوسیستم تحت اثر خود است. همچنین اثر طولانی‌مدت بقایای گیاه تاغ بر خاک شایان توجه است؛ با توجه به تنفس برانگیخته مشابه شاهد، میکروب‌های خاک توانایی تجزیه سریع همه مواد آلی را ندارند و تغییرات اولیه مواد آلی احتمالاً توسط موجودات خاک‌زی متوسط تا درشت (مانند حشرات و کنه‌ها) مدیریت می‌شود (Neergaard et al., 2002; Kalita et al., 2021)؛ بنابراین حفظ گونه‌های خاک‌زی و بررسی آنها برای پایداری اکوسیستم ضروری است. بقای اکوسیستم خاکی در این منطقه به حضور و پایداری درختچه‌های تاغ وابسته است و زوال یا کاهش پوشش تاغ ممکن است سبب ناپایداری اکوسیستم شود (Neergaard et al., 2002; Kalita et al., 2021). از این‌رو اهمیت حفظ گونه‌های خاک‌زی این موجودات یا پژوهش درباره آنها کاملاً احساس می‌شود.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که پوشش گیاهی تاغ تأثیر زیادی بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک دارد. خاک‌های زیرآشکوب تاغ دارای شوری،

هوایی باشد. این نتایج با یافته‌های Farahi et al. (2014) مطابقت دارد.

بر اساس نتایج، مقدار فسفر در زیرآشکوب از شاهد بیشتر است که با نتایج Farahi et al. (2014) و Ahmadi et al. (2018) مطابقت دارد. تهویه مناسب خاک، افزایش لاشبرگ و تجزیه آن توسط میکروارگانیسم‌ها و در نتیجه افزایش ماده آلی سبب افزایش حلالیت املاح فسفر در خاک پای گونه تاغ و افزایش فسفر قابل جذب در خاک می‌شود. از این‌رو در خاک زیرآشکوب درختچه تاغ، مقدار فسفر همواره بیشتر از شاهد بوده است. نسبت فسفر قابل جذب زیرآشکوب به شاهد (۱/۹۵) با درصد کربن آلی زیرآشکوب به شاهد (۲/۸۳) متفاوت است و می‌توان احتمال داد که بیشتر فسفر قابل جذب این گیاهان بیابانی منشأ غیرآلی دارد (Khan et al., 2018). این امر بازگوی این حقیقت است که چرخه زیستی عنصر فسفر در این خاک‌ها کمتر تحت اثر ریزموجودات خاک‌زی است؛ اما نیتروژن کاملاً وابسته به مواد آلی خاک و ریزجانداران خاک است. از این‌رو زندگی گیاهی - جانوری محل، اکوسیستم محیط را عمده‌تأ از طریق فیزیکی - مکانیکی حفاظت و کنترل می‌کند.

نتایج نشان داد که مقدار پتاسیم در زیرآشکوب از شاهد بیشتر است. در پژوهشی Ahmadi et al. (2018) مقدار پتاسیم را در زیرآشکوب تاغ و بیرون از آن به ترتیب ۳۰۲ و ۱۸۹ برآورد کردند. مقدار پتاسیم در رویشگاه‌های تاغ، در دامنه ۱۵۰ تا ۵۵۳ میلی گرم بر کیلوگرم قرار می‌گیرند (Baghestani Meybodi & Zarekia, 2019). افزایش منیزیم در خاک پای گونه تاغ را می‌توان به انتقال از عمق به سطح و افزایش رقابت یونی منیزیم نسبت به یون‌های تک‌ظرفیتی و یون‌هایی که شعاع هیدراته بزرگ‌تری دارند (سدیم و پتاسیم) در جذب سطحی توسط کلئیدهای خاک نسبت داد. پژوهش‌هایی نیز به افزایش منیزیم خاک توسط گونه‌های تحت بررسی خود اشاره کرده‌اند (Khanmohammadi & Matinizedeh, 2023).

راهکارهای مؤثری برای بهبود کیفیت خاک و افزایش پوشش گیاهی در اکوسیستم‌های خشک این منطقه هستند. پژوهش‌های طولانی‌مدت و پایش مستمر می‌تواند به آزمون فرضیه‌ها و درک بهتر نقش تاغ در این اکوسیستم کمک کند.

سپاسگزاری

این مقاله حاصل فاز اول طرح تحقیقاتی سنجش و پایش خاک توده‌های جنگلی ایران- تورانی با کد مصوب ۰۱-۰۹-۰۹-۰۳۵-۰۰۰۲۲-۰۰۰۴۳۱ است. از این طریق از مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور بابت تأمین هزینه‌های آن تشکر و قدردانی می‌شود. همچنین از همکاران محترم بازنشسته مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، آقایان مهندس علی میرحسینی و مهندس مهدی سلطانی بابت همراهی در برداشت داده‌های میدانی سپاسگزاری می‌شود.

ماده آلی و عناصر غذایی بیشتری نسبت به مناطق شاهد هستند که ناشی از ترکیبی از ورود جزئی اصلاح از لاشبرگ، فعالیت ریشه‌ها و تبخیر سطحی آب است. اگرچه سرعت تجزیه مواد آلی در این خاک‌ها اندک است، اثرهای مثبت تاغ بر کربن و مواد آلی خاک نشان می‌دهد که این گونه اثر مهمی در کنترل چرخه عناصر غذایی و پایداری اکوسیستم‌های بیابانی دارد. تنفس خاک برای نخستین بار در این اکوسیستم و در شرایط آزمایشگاهی اندازه‌گیری شد و نتایج آن پایه‌ای برای برنامه‌های پایش بلندمدت در سال‌های آینده خواهد بود. بافت شنی-لوم و سنگفرش بیابانی تأثیر مهمی در کاهش فرسایش خاک دارند و حفظ آنها برای پایداری اکوسیستم ضروری است. همچنین اثر بالقوه موجودات خاک‌زی در تجزیه بقایای گیاه تاغ و حفظ کیفیت خاک اهمیت ویژه‌ای دارد. در نتیجه، مدیریت صحیح پوشش گیاهی، حفاظت از سنگفرش بیابانی و توسعه برنامه‌های احیایی با گونه‌های سازگار،

References

- Ahmadi, A., Toranjzar, H., & Gomarian, M. (2018). Studying the effect of white saxaul (*Haloxylon persicum*) and fourwing saltbush (*Atriplex canescens*) plantation on soil physico-chemical properties in rangelands of Mallard-Zarandiyeh. *Plant ecophysiology*, 10(32), 225-235. [20.1001.1.20085958.1397.10.32.19.4](https://doi.org/10.1001.1.20085958.1397.10.32.19.4) (In Persian)
- Baghestani Meybodi, N., & Zarekia, S. (2019). *Haloxylon* and *Haloxylon* pantation in Desert Areas, Research Institute, Forests and Rangelands of Iran, 232p. (In Persian)
- Bazgir, M., & Magsoudi, Z. (2019). Soil biological properties of desert soil under canopy of natural tamarix shrub (*Tamarix ramosissima* Ledeb.). *Journal of Water and Soil Conservation*, 26(5), 181-195. <https://doi.org/10.22069/jwsc.2020.16685.3197> (In Persian)
- Bazgir, M., Shadivand, K., & Rostami, A. (2020). Effect of Tamarix Shrub *Tamarix Ramosissima* Ledeb. on Soil Physiochemical Properties and Carbon Sequestration of Desert Soils. *Journal of Desert Management*, 14, 93-106. <https://doi.org/10.22034/jdmal.2020.38478>. (In Persian)
- Bolat, İ., & Şensoy, H. (2019). Microbial biomass soil content and activity under black alder and sessile oak in the Western Black Sea Region of Turkey. *International Journal of Environmental Research*, 13, 781-791. <https://doi.org/10.1007/s41742-019-00216-6>
- Cao, Y.F., Li, Y., Li, C.H., & Lü, G.H. (2016). Relationship between presence of the desert shrub *Haloxylon ammodendron* and microbial communities in two soils with contrasting textures. *Applied Soil Ecology*, 103, 93-100. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2016.03.011>
- CongJuan, L.I., Yan, L.I., Jian, M.A., LianLian F., & QinXue, W. (2010). Spatial heterogeneity of soil chemical properties between *Haloxylon persicum* and *Haloxylon ammodendron* populations. *Journal of Arid Land*, 2(4), 257-265. [https://DOI: 10.3724/SP.J.1227.2010.00257](https://doi.org/10.3724/SP.J.1227.2010.00257)
- Cross, A.F., & Schlesinger, W.H. (1999). Plant regulation of soil nutrient distribution in the northern Chihuahuan Desert. *Plant Ecology*, 145, 11-25. <https://doi.org/10.1023/A:1009865020145>

- Farahi, M., Mofidi Chalan, M., Moghimi Nejad, F., Khatibi, R., & Jahantab, E. (2014). Investigation on the effects of *Haloxylon* and *Tamarix* on soil properties in Niatak region of Sistan. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 21(2), 307-316. (In Persian)
- Gałązka, A., Marzec-Grządziel, A., Varsadiya, M., Niedźwiecki, J., Gawryjolek, K., Furtak, K., Przybyś, M., & Grządziel, J. (2022). Biodiversity and metabolic potential of bacteria in bulk soil from the peri-root zone of black alder (*Alnus glutinosa*), Silver Birch (*Betula pendula*) and Scots Pine (*Pinus sylvestris*). *International Journal of Molecular Sciences*, 23(5), 2633. <https://doi.org/10.3390/ijms23052633>
- Garcia-Franco, N., Albaladejo, J., Almagro, M., Martínez-Mena, M., & Castillo, V. (2014). Carbon dynamics in dryland Mediterranean forests: Impacts of land use change. *Forest Ecology and Management*, 329, 8-14. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.06.006>
- Ghazan-Shahi, J. (1997). Soil and Plant Analysis. Publisher: Javad Ghazan-Shahi, 272 p. (In Persian)
- Gallardo, A. (2003). Effect of tree canopy on the spatial distribution of soil nutrients in the Mediterranean Dehesa, *Pedobiologia*, 47, 117-125.
- Jafari, M., Rasooli, B., Erfanzadeh, R., & Moradi, H.R. (2006). An investigation of the effects of planted species, *Haloxylon*, *Atriplex*, *Tamarix* along Tehran– Qom freeway soil properties. *Iranian Journal of Natural Resources*, 58(4), 921-931. (In Persian)
- Jia, G.M., Liu, B.R., Wang, G., & Zhang, B.L. (2010). The microbial biomass and activity in soil with shrub (*Caragana Korshinskii* K.) plantation in the semi-arid loess plateau in China. *European Journal of Soil Biology*, 46, 6–10. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2009.10.002>
- Kalita, S., Potter, H.K., Weih, M., Baum, C., Nordberg, Å., & Hansson, P.A. (2021). Soil carbon modelling in salix biomass plantations: variety determines carbon sequestration and climate impacts. *Forests*, 12(11), 1529. <https://doi.org/10.3390/f12111529>
- Khan, A., Lu, G., Ayaz, M., Zhang, H., Wang, R., Lv, F., Yang, X., Sun, B., & Zhang, S. (2018). Phosphorus efficiency, soil phosphorus dynamics and critical phosphorus level under long-term fertilization for single and double cropping systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 256, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.01.006>
- Khanmohammadi, Z., & Matiniazadeh, M. (2023). Evaluation of Soil Properties Under the Canopy of Wild Pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.) and Wild Almond (*Prunus orientalis* (Mill.) (Koehne) (Case Study: Tang Khoshk, Semirom). *Journal of Soil and Plant Interactions*, 14(2), 93-108. <http://dx.doi.org/10.29252/ejgcst.9.2.1>. (In Persian)
- Li, C., Li, Y., Tang, L., Ikenaga, M., Liu, R., & Xu, G. (2023). Soil microbial community shifts explain habitat heterogeneity in two *Haloxylon* species from a nutrient perspective. *Ecology and Evolution*, 13(1), e9727. <https://doi.org/10.1002/ece3.9727>
- Mahdavi, A.S.R., Jafari, M., Zargham, N.E., Zare, C.M., Baghestani, M.N., & Tavili, A. (2011). Investigation on the effects of *Haloxylon aphyllum*, *Seidlitzia rosmarinus* and *Tamarix aphylla* on soil properties in Chah Afzal-Kavir (Yazd). *Iranian Journal of Forest*, 2(4), 357-365. (In Persian)
- Mahmoudi, A.A., Zahedi, G.H., & Etemad, V. (2012). The investigation on the relationship between soil physical and chemical properties and succulence of natural and planted Saxaul (*Haloxylon spp*) (case study: Hosseinabad Plain, Southern Khorasan Province). *Iranian Journal of Forest*, 4(4), 289-299. (In Persian)
- Matiniazadeh, M., Nouri, E., Bayranvand, M., Kolarikova, Z., & Janoušková, M. (2024). Arbuscular mycorrhiza and rhizosphere soil enzymatic activities as modulated by grazing intensity and plant species identity in a semi-arid grassland. *Rhizosphere*, 30, 100893. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2024.100893>
- Matiniazadeh, M., Nouri, E., Bayranvand, M., Jalili, A., Alizadeh, T., Teimouri, M., & Eftekhari, A. (2026). Management and maintenance of semi-arid rangelands via symbiosis between mycorrhizal

- fungi and range plant species. *Journal of Rangeland Science*, 16(1), 57-66. <https://doi.org/10.57647/jrs-2026-1601.05>
- Mirmohammady Maibody, S.A.M., Dybaie, S., Shariatmadari, H., & Baghestani, N. (2017). Some Echophysiological Characteristics of *Haloxylon aphyllum* in Yazd Province. *Journal of Water and Soil Science*, 21(1), 249-262. (In Persian)
- Mohammadi, R., Naseri, K., & Heshmati, G.H. (2014). Effects of *Haloxylon aphyllum* plantation on vegetation and soil properties (case study: Abbas-Abad area, Mashhad). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 21(1), 119-127. <https://doi.org/10.22092/ijrdr.2014.8084>. (In Persian)
- Moshki, A., Nouri, E., & Matinizadeh, M. (2024). Soil bio-physicochemical properties changes in response to grazing intensity and seasonal variations in an arid rangeland ecosystem of Iran. *Ecopersia*, 12(3), 307-316. <https://doi.org/10.22034/ecopersia.12.3.307>
- Neergaard, A., Porter, J.R., & Gorissen, A. (2002). Distribution of assimilated carbon in plants and rhizosphere soil of basket willow (*Salix viminalis* L.). *Plant and Soil*, 245, 307-314. <https://doi.org/10.1023/A:1020414819264>
- Nosrati, K., Hoseinzadeh, M.M., Zare, S., & Zolfaghari, R. (2016). Soil quality modeling in Roshtkhar desert region affected by *Holoxylon aphyllum* planting using multivariate statistical analysis. *Journal of Arid Regions Geographic Studies*, 7(23), 96-108. (In Persian)
- Nouri, E., Moshki, A., Matinizadeh, M., Zolfaghari, A., & Rajaei, S. (2018). Symbiosis relationship between some arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and *Salsola laricina* and its effect on improving plant growth parameters. *Rostaniha*, 19(2), 130-137. <https://doi.org/10.22092/botany.2019.124269.1132>
- Nouri, E., Matinizadeh, M., Moshki, A., Zolfaghari, A., Rajaei, S., & Janoušková, M. (2020). Arbuscular mycorrhizal fungi benefit drought-stressed *Salsola laricina*. *Plant Ecology*, 221, 683-694. <https://doi.org/10.1007/s11258-020-01042-z>
- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., & Dean, L.A. (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *United States Department of Agriculture Cir*, 939, 19.
- Onyekwelu, J.C., Stimm, B., & Evans, J. (2006). Stand structure and productivity of Gmelina arborea plantations in tropical rainforest zones. *Forest Ecology and Management*, 229(1-3), 214-227. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.04.026>
- Ordibehesht, M., Shirvany, A., Matinizadeh, M., Ravanbakhsh, H., & Tavakolineko, H. (2024). Evaluation of the chemical factors, Carbon storage and biodiversity indicators in two species of *Haloxylon ammodendron* and *Tamarix hispida* in Qom province. *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 21(2), 282-267. <https://doi.org/10.22092/IJFRPR.2023.362667.1585>. (In Persian)
- Rad, M.H., Meshkat, M.A., & Soltani, M. (2009). The effects of drought stress on some Saxual's (*Haloxylon aphyllum*) morphological characteristics. *Iranian journal of Range and Desert Research*, 16, 34-43. (In Persian)
- Rossetti, I., Bagella, S., CaPPai, C., Caria, M.C., Lai, R., Roggero, P.P., Martins da Silva, P., Sousa, J. P., Querner P., & Seddaiu, G. (2015). Isolated cork oak trees affect soil properties and biodiversity in a Mediterranean wooded grassland. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 202, 203-216. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.01.008>
- Rostamizad, P., Hosseini, V., & Mohammadi samani, K. (2018). The Effects of Persian Turpentine (*Pistacia atlantica* Desf) Single-trees Crown on the Amount of Nutrients in the Forest Soil (Sarvabad Region in Kurdistan Province). *Journal of Water and Soil Science* (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources), 22(2), 383-393. <http://dx.doi.org/10.29252/jstnar.22.2.383> (In Persian)

- Rousta, M.J., Matinizadeh, M., Zarafshar, M., & Nouri, E. (2023). Spate irrigation slightly ameliorates an arid soil's quality, but tree planting enhances its characteristics. *Soil and Tillage Research*, 229, 105658. <https://doi.org/10.1016/j.still.2023.105658>
- Schinner, F., Öhlinger, R., Kandeler, E., & Margasin, R. (1996). *Methods in soil biology*. Berlin: Springer, 426p.
- Schoeneberger, P.J., Wysocki, D.A., & Benham, E.C. (2012). *Field book for describing and sampling soils*, Version 3.0. Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.
- Seong, Y.B., Dorn, R.I., & Yu, B.Y. (2016). Evaluating the life expectancy of a desert pavement. *Earth-Science Reviews*, 162, 129-154. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2016.08.005>
- Sparling, G.P., 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.
- Shayesteh Zeraati, H., Karimi, A., Hasani, N., Ghasemzadeh Gangehie, M., & Kheyredin, H. (2017). Investigating the vertical distribution of soil characteristics under canopy *Haloxylon aphyllum* in Yahya Abad, Sabzevar. *Watershed Management Research*, 30(1), 54-66. <https://doi.org/10.22092/wmej.2017.115564>. (In Persian)
- Smith, P. (2007). Carbon sequestration in croplands: the potential in Europe and the global context. *European Journal of Agronomy*, 20, 229-236.
- 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, 29-38.
- Zaboli, M., Fakhire, A., Ghanbari, A., Moradi, H.R., & Rashaki, A. (2010). Determination of potential habitats of *Saxaoul* species for Sistan region using GIS. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 17(2), 317-330. (In Persian)
- Zarafshar, M., Rousta, M.J., Matinizadeh, M., Talebi, K.S., Bordbar, S.K., Alizadeh, T., Nouri, E., & Bader, M.K.F. (2023). Scattered wild pistachio trees profoundly modify soil quality in semi-arid woodlands. *Catena*, 224, 106983. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.106983>



The effect of *Haloxylon ammodendron* cover on soil salinity, quality and biological activity in desert ecosystems

S. Zarekia^{1*}, M. Matinizadeh², A. Parnian³, and E. Nouri⁴

¹Associate Prof. Forest & Rangeland Research Division, Yazd Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Yazd, I. R. Iran

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

³Assistant Prof., National Salinity Research Center (NSRC), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran

⁴Senior Research Expert, Forest Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I.R. Iran

(Received: 22 April 2025; Accepted: 01 February 2026)

Abstract

Introduction: Vegetation in arid and desert regions, whether it seems structurally simple, has complex relationships with each other and with its surrounding ecosystem. By studying the relationship between soil and plants, one can understand the characteristics of each and utilize this knowledge for proper management based on ecological principles. This study aims to investigate the soil characteristics in arid region forests and the effect of *Haloxylon* shrubs on these characteristics to take steps towards the optimal management of these ecosystems.

Material and Methods: This study was considered in a permanent sample plot with an area of one hectare (100x100 meter). In this sample plot, 15 soil samples were randomly taken from the depth of 0 to 15 cm from under canopy of *Haloxylon* and 15 soil samples from the control area (without cover). Immediately after sampling, a part of the soil samples was kept in plastic bags (for physical and chemical tests) and the other part was kept in cold conditions (four degrees Celsius for biological tests) and transferred to the laboratory for further analysis. To measure the physical and chemical characteristics, after air drying, the soil samples were passed through a 2 mm sieve and kept at room temperature to perform the required methods. Data analysis was performed using an independent t-test.

Results: In most of the soil characteristics, a significant increase was observed in the soil under canopy of *Haloxylon* compared to the control. For example, soil salinity under the *Haloxylon* canopy was 11 ds/m, which was approximately double that of the control area. Most soil characteristics, including organic matter, phosphorus, potassium, zinc, manganese, and magnesium under the *Haloxylon* canopy were approximately double that of the control areas, with values of 0.34%, 5.6, 469, 0.36, and 3.64 mg/kg, respectively. However, no significant difference was observed in soil lime and calcium content. Soil basal respiration under the canopy of *Haloxylon* was significantly higher than in open spaces, with values of 1.34 mg CO₂ and 0.49 mg CO₂ per gram of soil per day, respectively (P<0.05). The soil under the shrub canopy also shows the highest nitrification potential (31.66 µg/g), nearly doubling that of the open spaces (16.66 µg/g). No significant differences were observed in induced respiration, averaging 20.7 mg CO₂ per gram of soil per day for both areas. Similarly, microbial biomass carbon showed no significant variation, although it was slightly higher outside the canopy (1.77 mg/g) than under it (1.49 mg/g). These findings highlight soil respiration and nutrient dynamics under vegetation.

Conclusion: Considering the positive effect of the *Haloxylon* on nutrients and increasing the organic matter of the soil, as well as increasing the indicators of biodiversity of the habitat, which in the long term leads to the protection and improvement of the soil structure and desert surfaces, and on the other hand, the ability of this shrub to adapt and withstand the dry and fragile weather conditions of dry and desert regions, the preservation and revival of this valuable native species is very vital. Developing restoration programs and using species suitable for desert conditions can provide an effective solution to improve soil quality and increase vegetation in these areas.

Keywords: Arid regions, Electrical conductivity, Induced respiration, Organic matter, Soil properties.