



Investigating the impact of trees of Karkheh River in Sahara Sindian area on soil biological and chemical characteristics

Mehri Dinarvand^{1*}, Mohamad Matiniazadeh², Saba Peyrov³ and Seyed Mosa Sadeghi⁴

1* - Corresponding author, Associate Prof., Forests and Rangelands Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran. E-mail: mehri.dinarvand@gmail.com

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

3-Assistant Prof., Forests and Rangelands Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.

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

Received: 16.12.2024

Revised: 16.03.2025

Accepted: 16.03.2025

Abstract

Background and Objectives: Soil, as one of the essential elements of the ecosystem, plays a major role in the creation, transformation, and diversity of forest species. On the other hand, vegetation type also plays a significant role in the alteration and development of the physical, chemical, and biological properties of soils. Therefore, changes in vegetation types and soil properties should not be considered separately. Since forest degradation begins with soil degradation, understanding the characteristics of soil is vital for maintaining soil health and function for the sustainable management of forest areas. This study was designed and conducted as the first phase of long-term monitoring and evaluation of changes in soil biological, physical, and chemical properties in forest stands and tree plantations in the Sindhi Sahara region.

Methodology: In this study, fixed sample plots with the same geographical orientation were established in natural woodlands along the Karkheh River. In each sample plot, 15 soil samples were randomly collected from a depth of 0 to 15 cm under the crown of the dominant tree species, from the trunk to the outer edge of the crown, in an eastward direction. For the control samples, 15 soil samples were randomly taken from a depth of 0 to 15 cm outside the canopy and in areas without tree cover. In the laboratory, physical and chemical characteristics including soil texture, organic matter percentage, pH, EC, P, K, Mg, Fe, Zn, and Cu, as well as biological soil characteristics including basal respiration, stimulated respiration, microbial biomass, and nitrification potential were measured. After checking the normality of the data, independent t-tests and Mann-Whitney tests were applied to examine the significance of differences in soil characteristics between under-canopy and outside-canopy samples. Correlations among soil characteristics were also examined using Pearson and Spearman tests.

Results: The findings of the study showed that the basal and stimulated respiration rates in the soil under the crowns of *Tamarix* and *Populus euphratica* trees were higher than those outside the crowns. Although the increase in basal respiration was not statistically significant, the difference for stimulated respiration was significant. The amounts of microbial biomass and nitrification potential in the control area (outside the tree canopy) were higher, and this difference was significant for microbial biomass at the 99% confidence level but not significant



for the nitrification potential index. The levels of chemical elements (P, K, Fe, Zn, Mg, and Cu), organic matter, pH, and EC in the soil under the canopy were higher than in the control area, and the differences in organic matter percentage and pH were significant at the 99% level.

Conclusion: The general findings of the study indicated that the higher levels of chemical elements and organic matter in the soil under the tree crowns compared to the control increased basal and stimulated respiration. However, it is likely that environmental stresses, including high salinity, reduced microbial respiration in the soil under the crown compared to the control area. Given the positive and significant effect of the *Tamarix* shrub on increasing stimulated respiration and carbon sequestration, the preservation and restoration of this valuable native species in its natural habitat is a priority. However, this plant increases the electrical conductivity (salinity) of the soil due to the secretion of salt from its glandular structures. Therefore, its uncontrolled development and dominance in natural woodlands, which may occur invasively due to deforestation and fire, should be prevented.

Keywords: Woodlands, basal respiration, stimulated respiration, soil biology, *Tamarix*.

بررسی تأثیر درختان حاشیه رودخانه کرخه در ناحیه صحارا سندی بر ویژگی‌های زیستی و شیمیایی خاک

مهري دیناروند^{۱*}، محمد متین‌زاده^۲، صبا پیرو^۳ و سیدموسی صادقی^۴

^{۱*} - نویسنده مسئول، دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران. پست الکترونیک: mehri.dinarvand@gmail.com

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

^۳ - استادیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

^۴ - استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۶

تاریخ اصلاح نهایی: ۱۴۰۳/۱۲/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۲۶

چکیده

سابقه و هدف: خاک به‌عنوان یکی از ارکان اکوسیستم نقش عمده‌ای در ایجاد، تغییر و تنوع گونه‌های جنگلی داشته و از سویی تیپ گیاهی نیز نقش قابل‌توجهی در تغییر و تحول ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک‌ها دارد. بنابراین، نباید تغییرات تیپ‌های گیاهی و ویژگی‌های خاک را از یکدیگر منفک کرد. از آنجایی‌که تخریب جنگل با تخریب خاک شروع می‌شود، شناخت ویژگی‌های خاک برای حفظ سلامت و عملکرد آن برای مدیریت پایدار مناطق جنگلی موضوعی حیاتی است. این پژوهش به‌عنوان مرحله اول پایش درازمدت روند تغییرات ویژگی‌های بیولوژیک، فیزیکی و شیمیایی خاک در توده‌های جنگلی و درخت‌زارهای ناحیه صحارا سندی طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش قطعه‌نمونه‌های ثابت، با جهت جغرافیایی یکسان در بیشه‌های خودرو کنار رودخانه کرخه پیاده‌سازی شدند. در هر قطعه‌نمونه از زیر تاج گونه درختی غالب در فاصله میان تنه تا لبه انتهایی تاج در جهت شرق به‌طور تصادفی ۱۵ نمونه خاک از عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متر برداشت شد. برای نمونه شاهد نیز در خارج از تاج پوشش و محلی که بیشه وجود نداشت، به‌طور تصادفی ۱۵ نمونه خاک از عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متر برداشت گردید. در آزمایشگاه، مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی شامل بافت خاک، درصد مواد آلی، pH، هدایت الکتریکی، فسفر، پتاسیم، منیزیم، آهن، روی و مس و نیز مشخصه‌های زیستی خاک شامل تنفس پایه، تنفس برانگیخته، زی‌توده میکروبی و ظرفیت نیتریفیکاسیون اندازه‌گیری شدند. بعد از بررسی نرمال‌بودن داده‌ها، از آزمون‌های تی مستقل و من‌ویتنی برای بررسی معنی‌دار بودن اختلاف مشخصه‌های خاک بین زیر و بیرون از تاج درختان استفاده شد. همبستگی بین مشخصه‌های خاک نیز با استفاده از آزمون‌های پیرسون و اسپیرمن بررسی گردید.

نتایج و یافته‌ها: یافته‌های پژوهش نشان داد، میزان تنفس پایه و تنفس برانگیخته در خاک زیر تاج درختان گز و پده بیشتر از بیرون از تاج درختان است، اگرچه در مورد تنفس پایه این مقدار معنی‌دار نبود، ولی برای تنفس برانگیخته این اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. مقدار زی‌توده میکروبی و ظرفیت نیتریفیکاسیون در منطقه شاهد (خارج از تاج پوشش درختان) بیشتر بود که این اختلاف برای زی‌توده میکروبی در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار و برای شاخص ظرفیت نیتریفیکاسیون معنی‌دار نشان داده نشد. میزان هدایت الکتریکی، عناصر شیمیایی (فسفر، پتاس، آهن، روی، منیزیم و مس)، درصد مواد آلی و pH نیز در خاک زیر تاج درختان با سطح معنی‌داری ۹۹ درصد بیشتر از منطقه شاهد بود.

نتیجه‌گیری: یافته‌های کلی پژوهش نشان داد، بالا بودن میزان عناصر شیمیایی و مواد آلی در خاک زیر تاج درختان نسبت به شاهد سبب افزایش تنفس پایه و برانگیخته شده است. باوجود این احتمال می‌رود، تنش‌های محیطی ازجمله بالا بودن درجه شوری سبب کاهش تنفس میکروبی در خاک زیر تاج نسبت به منطقه شاهد شده باشد. با توجه به تأثیر مثبت و معنی‌دار درختچه گز روی افزایش

تنفس برانگیخته و ترسیب کربن، حفظ و احیای این گونه بومی بارزش در رویشگاه طبیعی آن در اولویت است اما باید در نظر داشت این گیاه به دلیل ترشح نمک از غدد ترشحاتی سبب افزایش هدایت الکتریکی (شوری) خاک می‌شود، بنابراین باید در بیشه‌زارهای طبیعی پده که به دلیل قطع درختان و به‌ویژه آتش‌سوزی تخریب شده‌اند، از توسعه و غالبیت گونه گز به‌صورت مهاجم ممانعت کرد. واژه‌های کلیدی: بیشه‌های خودرو، تنفس پایه، تنفس برانگیخته، بیولوژی خاک، گونه گز

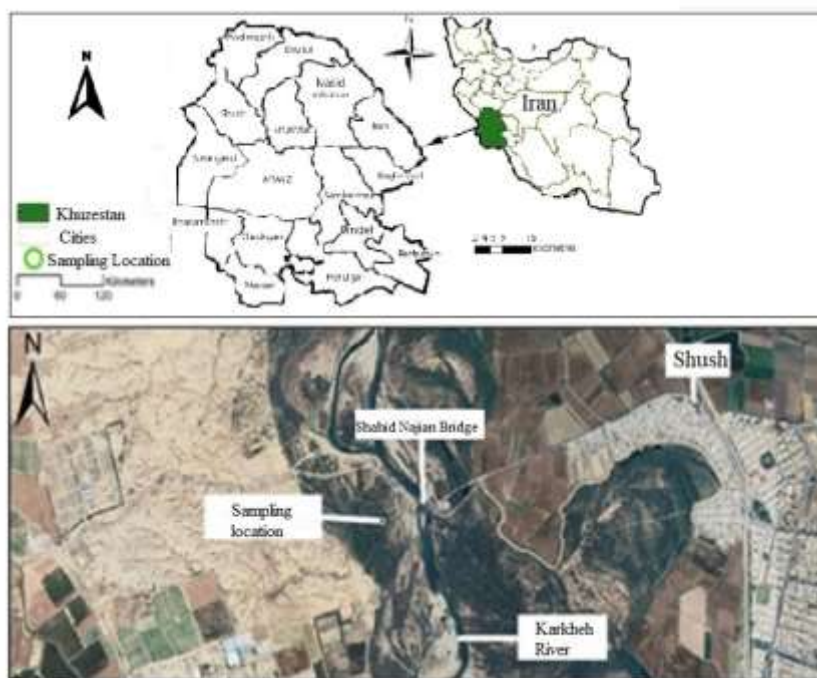
مقدمه

خاک به‌عنوان بستر حیات، نقش اساسی در رشد، استقرار و پراکنش گیاهان دارد. با توجه به اهمیت این منبع ارزشمند در حفظ تعادل زیست‌بوم، باید توجه ویژه‌ای به این منبع طبیعی شود. مدیریت صحیح یک زیست‌بوم طبیعی یا غیرطبیعی نیازمند پایش خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه است و پایش این ویژگی‌ها سبب اتخاذ تصمیم‌های صحیح برای منطقه خواهد شد ([Teimouri et al., 2023](#)). ویژگی‌های خاک جنگل از نظر کمیت و کیفیت به شرایط اقلیمی، نوع خاک، مدیریت و گونه درخت موجود در منطقه بستگی دارد ([Lal, 2005](#)). خاک جنگل از عوامل اصلی اکوسیستم جنگلی است که در کنار سایر عوامل بوم‌شناختی، الگوی پراکنش پوشش گیاهی را تعیین می‌کند ([Motamedi et al., 2014](#)). از سویی، گونه‌های مختلف درختی می‌توانند چرخه کربن، نیتروژن و دیگر عناصر غذایی را در خاک زیر تاج پوشش‌شان تحت تأثیر قرار دهند که این موضوع می‌تواند بر فرایندهای حیاتی در سطح اکوسیستم مؤثر باشد ([Lovett et al., 2002](#)). از آنجایی که پایداری طولانی‌مدت اکوسیستم‌های جنگلی وابسته به حفظ کیفیت خاک است، آگاهی از وضعیت خاک‌های مناطق جنگلی و بررسی آثار فعالیت‌های انجام‌شده بر ویژگی‌های خاک بسیار مهم و در مدیریت جنگل مؤثر است ([Lal, 2005](#)). در بیشتر کشورهای پیشرفته و دارای سابقه طولانی در مدیریت جنگل، قطعاتی برای پایش و بررسی‌های بلندمدت وجود دارد. نتایج تحقیقات [Moraes Rego](#) و همکاران (۲۰۲۳) در بخش‌های انتخابی جنگل و مرتع منطقه Embrapa Cocaís کشور برزیل نشان داد، خاک مناطق مرتعی احیاشده نسبت به سایر مناطق به‌ویژه بخش‌های تحت چرا پایداری و از نظر تنوع میکروارگانیسمی

غنی‌تر هستند. [Horáková](#) و همکاران (۲۰۲۰) اثر کاربری اراضی را بر ویژگی‌های بیولوژیکی و شیمیایی خاک در فاصله سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۸ در سه رویشگاه مختلف مرتعی، جنگلی و زراعی در یکی از ایالت‌های جمهوری چک بررسی کردند و بیان نمودند که میزان انباشت کربن و ازت خاک در مناطق جنگلی و مرتعی بیشتر از بخش‌های زراعی و میزان تنفس پایه در بخش زراعی کمتر از جنگل و مرتع است. [Zhou](#) و همکاران (۲۰۲۲) و [Li](#) و همکاران (۲۰۱۸) نیز عامل شوری را یکی از فاکتورهای تأثیرگذار بر جامعه میکروبی خاک دانستند. در ایران نیز پژوهش‌های متنوعی با موضوع شاخص‌های خاک در مناطق جنگلی انجام شده است. [Heidari](#) و همکاران (۲۰۲۵) در بررسی تغییرات مشخصه‌های خاک عمقی مجاور درختان شاهد و دچار زوال در جنگل‌های شهرستان مریوان - استان کردستان به اهمیت تأثیر مشخصه‌های فیزیکی - شیمیایی خاک در میزان مقاومت درختان روبه‌زوال تأکید نمودند. [Teimouri](#) و همکاران (۲۰۲۳) نیز در بررسی روند تغییرات خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جنگل‌های بلوط ایرانی در استان چهارمحال و بختیاری طی سال‌های ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۰، افزایش معنی‌دار میزان کربن آلی، مواد آلی، تنفس برانگیخته و ظرفیت نیتریفیکاسیون را گزارش کردند. در تحقیقی، [Matinkhah](#) و همکاران (۲۰۱۶) بیان کردند در خاک تحت پوشش درختان *Acacia nilotica* و *Prosopis juliflora*، افزایش میزان کربن آلی و نیتروژن کل و بهبود وضعیت مواد مغذی و کیفیت فیزیکی مشاهده شده است. [Mahdavi](#) و همکاران (۲۰۱۱) نیز بیان نمودند، کشت گز سبب افزایش معنی‌دار مقادیر کربن، نسبت کربن به نیتروژن، پتاسیم، ماده آلی و واکنش خاک در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر و در پی آن افزایش عناصر غذایی مانند پتاسیم شده است. با توجه به

مورد گونه‌های مهم در این ناحیه رویشی و پایش خاک این گونه‌ها انجام شده است. آگاهی بیشتر از خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک این ناحیه می‌تواند در جلوگیری از تخریب و انقراض گونه‌های مهم و بالارزش آن مؤثر باشد. بنابراین، این پژوهش سعی دارد در قطعات نمونه ثابت و دائم در توده‌های جنگلی ناحیه رویشی خلیج عمانی که یکی از پنج ناحیه رویشی ایران و زیستگاه گونه‌های گیاهی شبه گرمسیری است، به سنجش ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژی خاک بپردازد.

اینکه خاک یکی از مهمترین ارکان منابع طبیعی تجدیدناپذیر کشور است و با تخریب خاک، تخریب جنگل نیز شروع می‌شود، ناحیه رویشی خلیج عمانی به لحاظ بوم‌شناختی (جلوگیری از طوفان‌های گردوغبار) و اقتصادی- اجتماعی (وابستگی مردم محلی) از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. بنابراین، این پژوهش به عنوان مرحله اول پایش درازمدت روند تغییرات در ویژگی‌های ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک توده‌های جنگلی طراحی شده است و نتایج آن امکان پایش درازمدت روند تغییرات در خاک این توده‌های جنگلی را فراهم می‌کند. تاکنون مطالعات اندکی در



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه (بیشه حاشیه کرخه) در ایران، استان و تصویر ماهواره‌ای

Figure 1. Location of the studied area in Iran and Khuzestan province

زهره و ۴۹/۷۷۳ هکتار مربوط به حوزه کرخه سفلی است. گونه‌های اصلی بیشه‌زارها را پده و گز تشکیل می‌دهد که برتری پده به عنوان درخت از نظر تولید چوب و حفاظت کناره‌های رودخانه به دلیل سیستم توسعه آن از طریق ریشه‌جوش بر گز که درختچه‌ای با تولید بسیار کم

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

مساحت بیشه‌زارها در استان خوزستان در مجموع ۱۲۳/۳۱۰ هکتار می‌باشد که ۲۷/۴۶۷ هکتار مربوط به حوزه دز-کارون، ۳۸/۶۲۲ هکتار در حوزه جراحی-

رابطه (۱) $(C-S) \times 2.2 \times 100 / SW \times \% dm$

در این رابطه، C میانگین حجم اسید HCl مصرفی توسط نمونه‌های شاهد (سی سی)، S میانگین حجم اسید مصرفی نمونه (سی سی)، 2.2 فاکتور تبدیل، SW وزن اولیه خاک (گرم) و $dm/100\%$ فاکتور تبدیل برای خاک خشک است. برای اندازه‌گیری ظرفیت نیتریفیکاسیون به ۱۰۰ گرم خاک مرطوب ۵ گرم گلوکز اضافه شده و بعد CO_2 آزاد شده به طور مداوم در دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد در طی ۴ ساعت برحسب $CO_2 100 gr^{-1} dm.h^{-1}$ گزارش می‌شود و برای اندازه‌گیری ظرفیت نیتریفیکاسیون نیز به ۵ گرم خاک مرطوب سولفات آمونیوم و کلرات سدیم اضافه شده و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت نیتريت آزاد شده به وسیله کلرید پتاسیم و به روش رنگ سنجی در طول موج ۵۲۰ نانومتر اندازه‌گیری می‌شود، در ادامه برای اندازه‌گیری بیومس میکروبی کربن نیز از روش تدخین استخراج استفاده شد. در این روش، نمونه‌های خاک با کلروفرم تدخین شده و با محلول سولفات پتاسیم عصاره‌گیری و کربن آلی موجود در عصاره اندازه‌گیری شده و در نهایت به کربن بیومس تبدیل می‌شود. برای بررسی خصوصیات شیمیایی نمونه‌های خاک، میزان کربن آلی به روش والکلی بلک، فسفر کولوریمتری، پتاسیم و سدیم با استفاده از فلیم فتومتر، کلسیم و منیزیم با کمپلکسومتری، کلر روش موهر، ازت کدال، بی‌کربنات به روش تیتراسیون با اسید سولفوریک، اسیدیته و شوری به صورت الکتریکی در عصاره اشباع اندازه‌گیری شدند و از خصوصیات فیزیکی نیز بافت خاک نمونه‌ها با روش بایکاس تعیین شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS 27 آنالیز شدند. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها، ابتدا نرمال بودن آنها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. در مواردی که داده‌ها نرمال بودند، از آزمون تی

است، محرز می‌باشد. در بیشه‌زارهایی که دخالت بی‌رویه در آن انجام نشده، پده همیشه بر گز غلبه و آن را حذف کرده و بعکس در مناطقی که پده‌ها به شدت برداشت و بیشه تخریب شده، گز به صورت گونه غالب دیده می‌شود. این پروژه در رویشگاه پده *Populus euphratica* Oliv. و گز *Tamarix arceuthoides* Bge. در حاشیه رودخانه کرخه واقع در شوش دانیال اجرا شد (شکل ۱). این منطقه جزو بیشه‌زارهای استان خوزستان بوده و در بخش نیمه‌استپی واقع است.

نمونه برداری خاک و تجزیه آزمایشگاهی

در تحقیق پیش‌رو، ابتدا یک قطعه ۱۰۰ متر در ۱۰۰ متر در رویشگاه کنار در ناحیه رویشی صحارا-سندی انتخاب شد. سپس در این قطعه به صورت تصادفی در زیراشکوب بیشه‌زار و منطقه شاهد خارج بیشه‌زار نمونه‌های خاک برداشت شد. برای برداشت نمونه‌های همگن از خاک از عمق ۱۵-۰ سانتی‌متر در زیر تاج درختان (در فاصله میان تنه تا لبه انتهایی تاج) در جهت شرق با استفاده از اوگر اقدام شد. در ادامه با حمل نمونه‌های برداشت شده با استفاده از یخدان و بطری‌های یخ‌زده به آزمایشگاه منتقل شدند. از نمونه‌های برداشت شده ۲۰۰ گرم جداسازی شده و برای اندازه‌گیری مشخصات بیولوژیکی شامل تنفس پایه، تنفس برانگیخته، بایومس میکروبی کربن و ظرفیت نیتریفیکاسیون در یخچال نگهداری شد.

اندازه‌گیری تنفس پایه به روش تیتراسیون انجام شد. در این روش، به ۲۰ گرم خاک مرطوب ۲۰ میلی‌لیتر محلول هیدروکسی سدیم اضافه می‌شود و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری می‌گردد، سپس با اضافه شدن کلرید باریم، دی‌اکسید کربن به صورت کربنات باریم رسوب می‌کند و در نهایت باقی‌مانده هیدروکسید سدیم با اسید کلریدریک تیتر شده و میزان تنفس با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد.

مستقل و در مواردی که داده‌ها نرمال نبودند، از آزمون من ویتنی برای انجام مقایسات استفاده شد.

نتایج

ویژگی‌های زیستی و شیمیایی خاک

براساس نرمال بودن یا نبودن داده‌ها نتایج مقایسه میانگین ویژگی‌های زیستی و شیمیایی خاک در محل زیر تاج با منطقه شاهد (خارج از تاج درختان) در جدول‌های ۱ (تی مستقل) و ۲ (من ویتنی) و شکل‌های ۲ تا ۱۴ ارائه شده است.

برای تنفس پایه در محل زیر تاج درختان و شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، اگرچه مقدار تنفس پایه در زیرتاج درختان بیشتر است (جدول ۱ و شکل ۲).

همچنین، نتایج حکایت از بیشتر بودن زی‌توده میکروبی در منطقه شاهد است (سطح ۱ درصد) (جدول ۱ و شکل ۳). برای تنفس برانگیخته بین نمونه‌های زیر تاج درختان و شاهد با ۹۹ درصد اطمینان اختلاف معنی‌دار وجود دارد و مقدار عددی در زیرتاج درختان بیشتر است (جدول ۲ و شکل ۴). ظرفیت نیتریفیکاسیون در زیرتاج درختان و خارج از تاج (شاهد) اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۲ و شکل ۵). مطابق شکل‌های ۶ تا ۱۴ در همه موارد ویژگی‌های شیمیایی خاک بین منطقه زیر تاج درختان و شاهد تفاوت‌های معنی‌داری وجود دارد (جدول‌های ۱ و ۲). نتایج آنالیز بافت خاک نشان داد، بافت خاک منطقه شاهد، سندی لومی و بافت خاک زیر تاج درختان سیلتی لومی است.

جدول ۱- نتایج آزمون تی مستقل برای بررسی معنی‌داری اختلاف متغیرهای مورد مطالعه در زیر و خارج تاج درختان

Table 1. The results of independent t-test for the significance of the difference under and outside the canopy of trees

Characteristics of soils	F	t	Sig. (2-tailed)
Basal respiration (mg CO ₂ .g ⁻¹ dm.24 h ⁻¹)	17.711	2.92	0.051
Microbial biomass (mg. 100 Dry soil ⁻¹)	2	-2.948	**0.009
pH	588	-9.535	**0.000
Organic matter (%)	12.785	4.818	**0.001
P (ppm)	1	4.260	**0.002
Zn(ppm)	384	7.484	**0.000
-	-	-	-
-	-	-	-

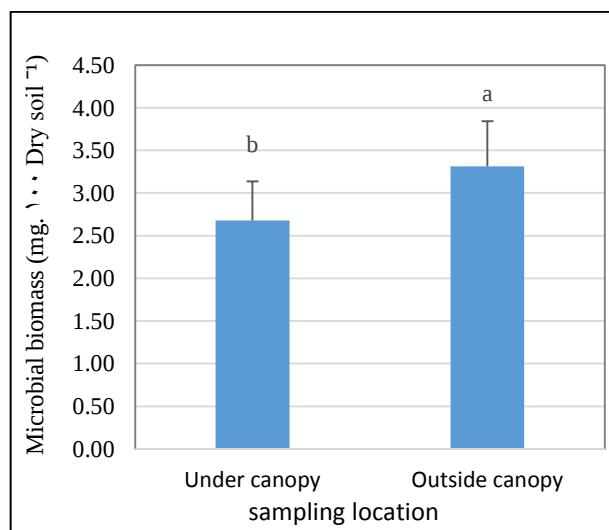
** : Significant at the 1% probability levels, * : Significant at the 5% probability levels and ns: Non-significant

جدول ۲- نتایج آزمون من ویتنی برای بررسی معنی دار بودن اختلاف متغیرهای مورد مطالعه در زیر و خارج تاج درختان

Table 2. The results of Mann-Whitney test for the significance of the difference under and outside the canopy of Trees

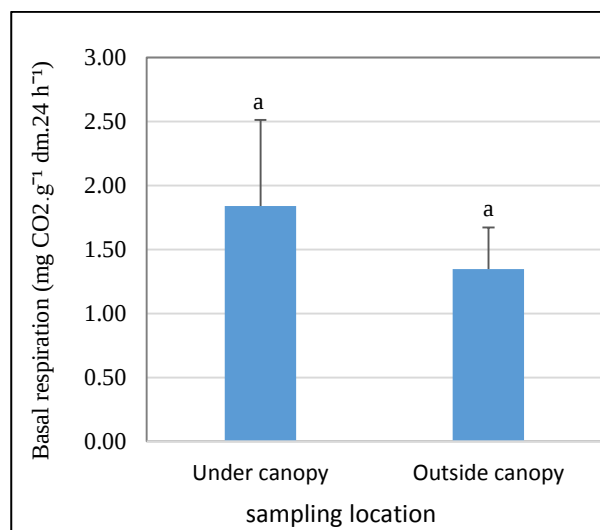
Biological characteristics of soils	Mann-Whitney U	Z	Sig. (2-tailed)
Stimulated respiration ($\text{mg CO}_2.100 \text{ g}^{-1} \text{ dm.h}^{-1}$)	16.000	-2.580	**0.010
Nitrification potential ($\mu\text{g N.g}^{-1}\text{dm.5h}^{-1}$)	32.000	-1.366	ns 0.172
Ec	0.000	-2.913	**0.004
K(ppm)	0.000	-2.913	**0.004
Fe(ppm)	0.000	-2.913	**0.004
Mg(ppm)	0.000	-2.913	**0.004
Cu (ppm)	0.000	-2.913	**0.004
K(ppm)	0.000	-2.913	**0.004

** : Significant at the 1% probability levels, * : Significant at the 5% probability levels and ns: Non-significant



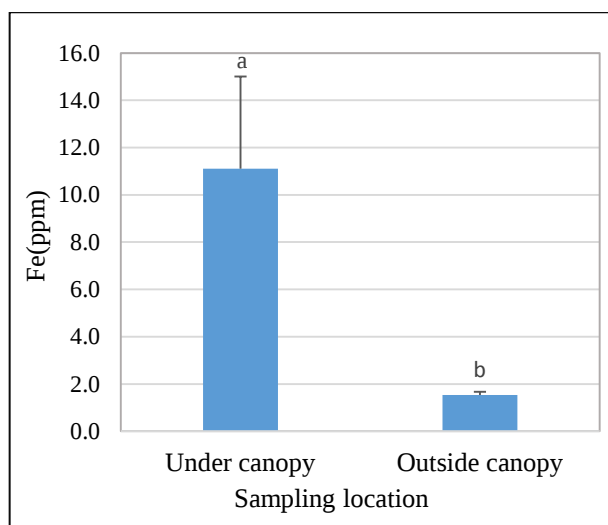
شکل ۳- مقایسه میانگین زی توده میکروبی در زیر و خارج تاج درختان

Figure 3. Comparison of the mean for microbial biomass of the sampling location (under and outside the canopy)



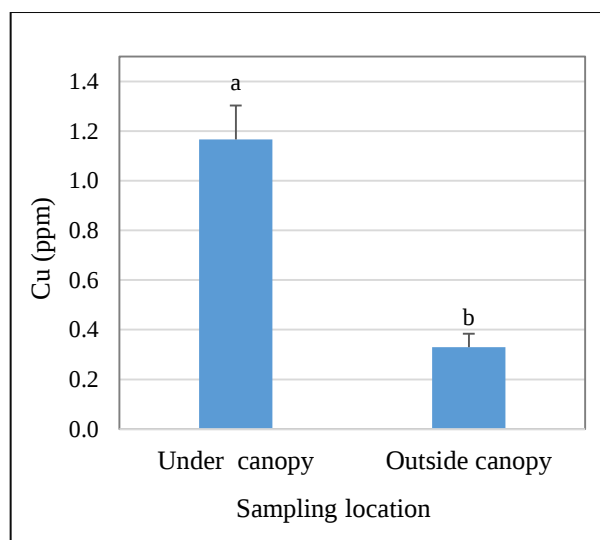
شکل ۲- مقایسه میانگین تنفس پایه در زیر و خارج تاج درختان

Figure 2. Comparison of the mean for basal respiration of the sampling location (under and outside the canopy)



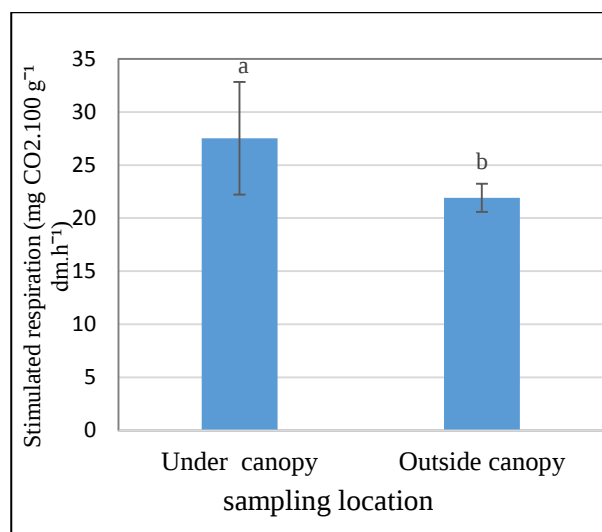
شکل ۶- مقایسه میانگین عنصر آهن در زیر و خارج از تاج درختان

Figure 6. Comparison of the mean for Fe of the sampling location (under and outside the canopy)



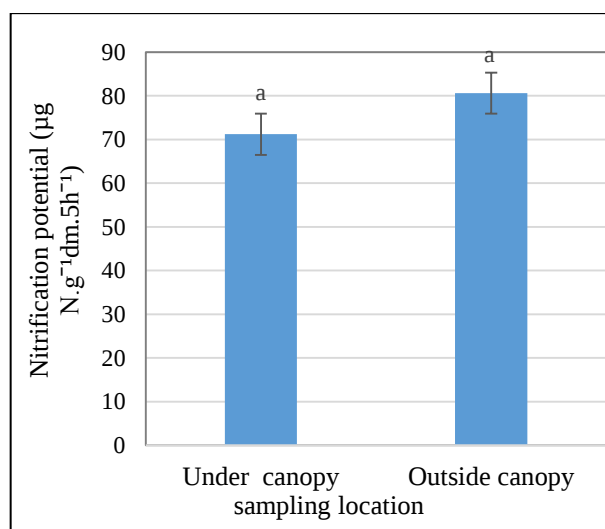
شکل ۷- مقایسه میانگین عنصر مس در زیر و خارج از تاج درختان

Figure 7. Comparison of the mean for Cu of the sampling location (under and outside the canopy)



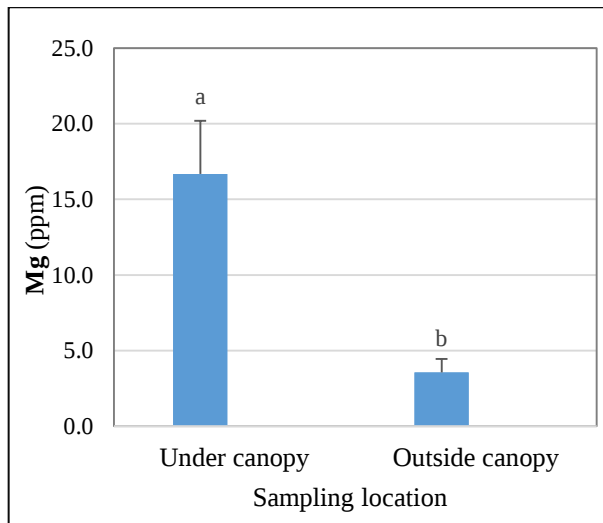
شکل ۴- مقایسه میانگین تنفس برانگیخته در زیر و خارج از تاج درختان

Figure 4. Comparison of the mean for stimulated respiration of the sampling location (under and outside the canopy)



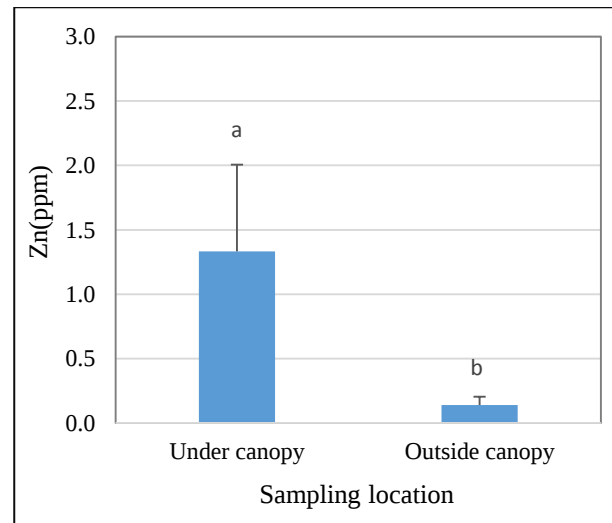
شکل ۵- مقایسه میانگین ظرفیت نیتریفیکاسیون در زیر و خارج از تاج درختان

Figure 5. Comparison of the mean for Nitrification potential of the sampling location (under and outside the canopy)



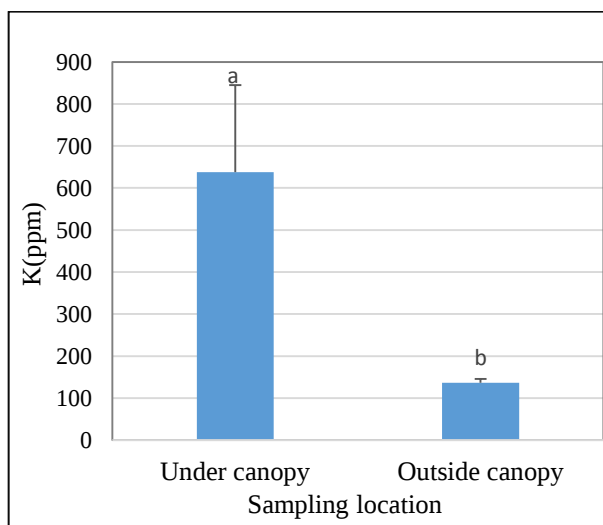
شکل ۱۰- مقایسه میانگین عنصر منیزیم در زیر و خارج از تاج درختان

Figure 10. Comparison of the mean for Mn of the sampling location (under and outside the canopy)



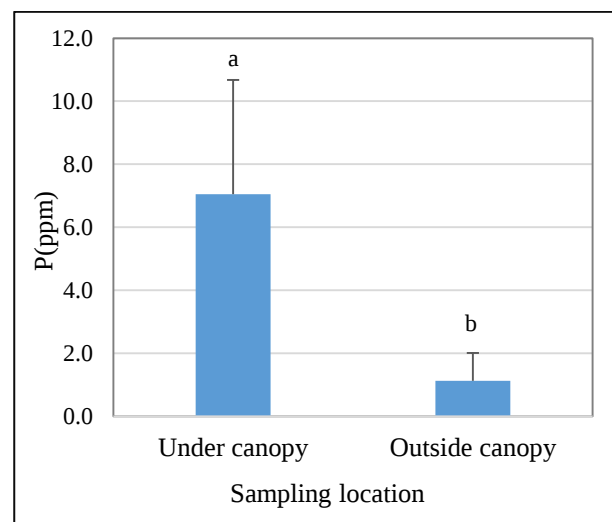
شکل ۸- مقایسه میانگین عنصر روی در زیر و خارج از تاج درختان

Figure 8. Comparison of the mean for Zn of the sampling location (under and outside the canopy)



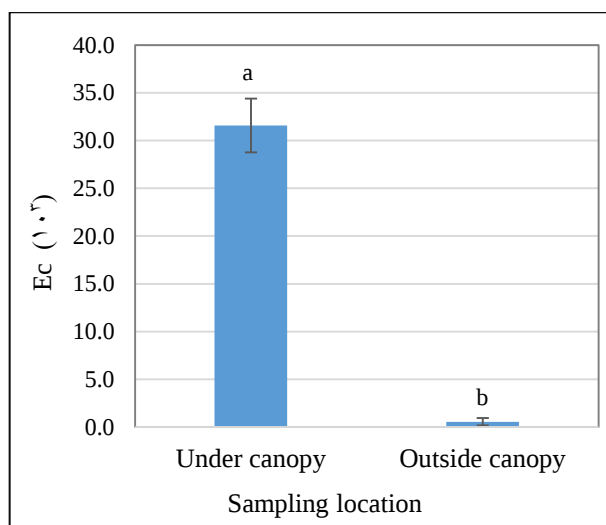
شکل ۱۱- مقایسه میانگین عنصر پتاسیم در زیر و خارج از تاج درختان

Figure 11. Comparison of the mean for K of the sampling location (under and outside the canopy)



شکل ۹- مقایسه میانگین عنصر فسفر در زیر و خارج از تاج درختان

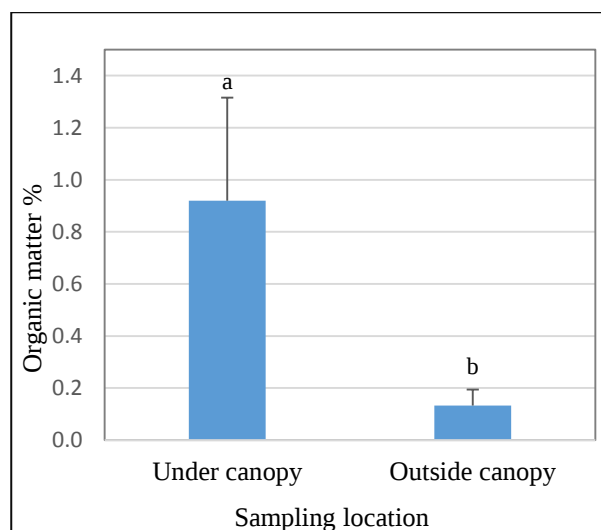
Figure 9. Comparison of the mean for P of the sampling location (under and outside the canopy)



شکل ۱۴- مقایسه میانگین شوری خاک در محل زیر و خارج از

تاج درختان

Figure 14. Comparison of the mean for Ec of the sampling location (under and outside the canopy)



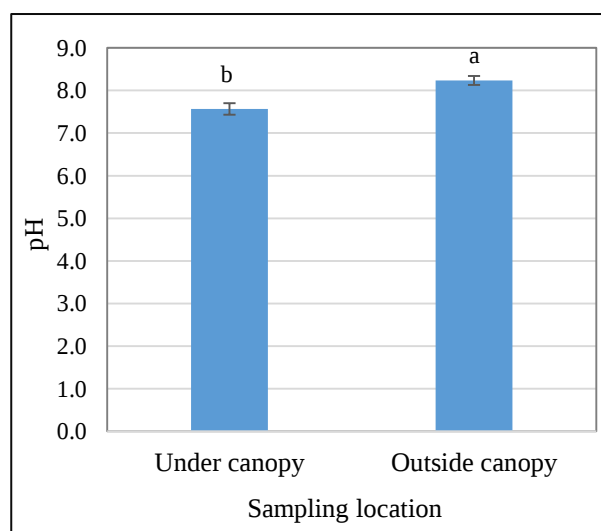
شکل ۱۲- مقایسه میانگین مواد آلی (%) در زیر و خارج از تاج

درختان

Figure 12. Comparison of the mean for organic matter % of the sampling location (under and outside the canopy)

همبستگی

نتایج مربوط به بررسی همبستگی خصوصیات بیولوژیک خاک زیر تاج درختان با یکدیگر در جدول ۳ ارائه شده است. براین اساس، بین تنفس پایه و زی توده میکروبی همبستگی منفی و معنی داری وجود دارد. بین تنفس برانگیخته و زی توده میکروبی نیز همبستگی منفی بالایی مشاهده شد. تنفس برانگیخته و ظرفیت نیتریفیکاسیون همبستگی منفی بالایی با یکدیگر دارد. بین زی توده میکروبی و ظرفیت نیتریفیکاسیون نیز همبستگی مثبت بالایی وجود دارد. همه همبستگی ها در سطح یک درصد می باشد.



شکل ۱۳- مقایسه میانگین اسیدیته در زیر و خارج از تاج

درختان

Figure 13. Comparison of the mean for pH of the sampling location (under and outside the canopy)

جدول ۳- ضریب همبستگی بین خصوصیات بیولوژیک خاک رویشگاه پده و گز

Table 3. Correlation Coefficient between biological characteristics of soils in *Populus* and *Tamarix* habitats

Biological characteristics of soils	Basal respiration (mg CO ₂ .g ⁻¹ dm.24 h ⁻¹)	Stimulated respiration (mg CO ₂ .100 g ⁻¹ dm.h ⁻¹)	Microbial biomass (mg. ۱۰۰ Dry soil ⁻¹)	Nitrification potential (μg N.g ⁻¹ dm.5h ⁻¹)
Basal respiration (mg CO ₂ .g ⁻¹ dm.24 h ⁻¹)	1	ns 0.224	** -0.693	ns -0.406
Stimulated respiration (mg CO ₂ .100 g ⁻¹ dm.h ⁻¹)		1	** -0.742	** -0.697
Microbial biomass (mg. ۱۰۰ Dry soil ⁻¹)			1	** 0.620
Nitrification potential (μg N.g ⁻¹ dm.5h ⁻¹)				1

**: Significant at the 1% probability levels and ns: Non-significant

جدول ۴ نتایج مربوط به همبستگی خصوصیات شیمیایی خاک زیر تاج درختان با یکدیگر را نشان می‌دهد. براین اساس، بین هدایت الکتریکی با سایر عناصر (به جز منیزیم) و مواد آلی همبستگی بالا و مثبت وجود دارد. همبستگی بین هدایت الکتریکی و pH هم بالا است، اما در جهت منفی، زیرا محیط به دلیل قلیایی بودن سبب افزایش EC می‌شود. بین مواد آلی و pH هم همبستگی بالا ولی منفی وجود دارد که علت آن احتمالاً وجود مواد آلی ناشی از گونه غالب گز است.

جدول ۴ نتایج مربوط به همبستگی خصوصیات شیمیایی خاک زیر تاج درختان با یکدیگر را نشان می‌دهد. براین اساس، بین هدایت الکتریکی با سایر عناصر (به جز منیزیم) و مواد آلی همبستگی بالا و مثبت وجود دارد. همبستگی بین هدایت الکتریکی و pH هم بالا است، اما در

جدول ۴- ضریب همبستگی بین خصوصیات بیولوژیک خاک رویشگاه پده و گز

Table 4. Correlation Coefficient between chemical characteristics of soils in *Populus* and *Tamarix* habitats

Chemical characteristics of soil	P (ppm)	pH	Organic matter (%)	K (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Mg (ppm)	Cu (ppm)
EC	**0.771	** -0.812	*0.600	*0.600	*0.600	*0.600	0.543	**0.771
P (ppm)	1	* -0.580	**0.714	**0.714	**0.829	**0.714	**0.771	**0.943
pH		1	** -0.739	** -0.812	* -0.667	** -0.812	** -0.754	* -0.580
Organic matter (%)			1	**1.000	**0.886	1.000**	**0.943	**0.714
K (ppm)				1	**0.886	1.000**	**0.943	**0.714
Fe (ppm)					1	0.886**	**0.943	**0.829
Zn (ppm)						1	**0.943	**0.714
Mg (ppm)							1	**0.771

**: Significant at the 1% probability levels, *: Significant at the 5% probability levels and ns: Non-significant

بحث و نتیجه‌گیری

هرگونه دخالت انسان که موجب برهم خوردن تعادل زیست‌بوم شود، روی جمعیت‌های مختلف میکروارگانیسم‌های خاک مؤثر خواهد بود. پوشش‌های مختلف اراضی به‌طور مستقیم، با ورود لاش‌برگ از طریق تغییر در محتوای مواد آلی خاک، کیفیت زیستگاه (میزان

رطوبت، واکنش خاک و وضعیت عناصر غذایی)، اثر بر خاک‌شویی و شیوه مدیریت کاربری و به‌طور غیرمستقیم با تغییر ویژگی‌های خاک بر فراوانی و ساختار جمعیت موجودات خاک‌زی تأثیر می‌گذارند (Schwarz et al., 2015). شاخص‌های زیستی خاک جزو ویژگی‌های حساس و مهم هستند که در کوتاه‌مدت اثرهای مدیریت خاک را بر

عرصه شاهد بیشتر بود که دلیل آن می‌تواند تنش‌های محیطی (از جمله پایین بودن درجه شوری، نور مناسب، بافت خاک و دما) باشد. ذکر این نکته لازم است، پوشش غالب در این منطقه از بیشه عنصر گیاهی گز بود که به دلیل داشتن غدد نمکی و دفع نمک توسط اندام‌های سطحی احتمالاً سبب افزایش عامل هدایت الکتریکی یا شوری خاک شده است و این می‌تواند زنگ خطری برای منطقه در صورت افزایش شدت تخریب باشد. زیرا هر جا که به دلایل تخریب تراکم گونه پده کاهش یابد، به سرعت توسط گز پوشیده می‌شود. نتایج مطالعات [Teimouri](#) و همکاران (۲۰۲۳) در جنگل‌های بلوط استان چهارمحال و بختیاری نشان داده، هدایت الکتریکی یکی از شاخص‌های مهم در شناخت کیفیت، سلامت و ویژگی‌های خاک است و میزان آن در مناطق مختلف متفاوت بوده که ارتباط مستقیمی با بارندگی‌ها دارد. همچنین، تنفس برانگیخته خاک با افزایش درصد مواد آلی خاک، روند افزایشی داشته است که با نتایج این مطالعه همخوانی دارد. نتایج تحقیقات [Jafari Gamari](#) و همکاران (۲۰۱۶) نیز نشان داد، خاک توده خالص گز در حاشیه رودخانه کارون میزان هدایت الکتریکی بیشتری نسبت به توده‌های خالص پده دارد. نتایج تحقیق [Ordibehesht](#) و همکاران (۲۰۲۴) نیز نشان داد، در زیر تاج گونه گز (*Tamarix hispida*) میزان تنفس میکروبی و برانگیخته بیشتر از منطقه شاهد است و این میزان در فصل بهار بیشتر هم می‌شود.

با توجه به تأثیر مثبت و معنی‌دار درختچه گز روی افزایش تنفس برانگیخته و ترسیب کربن، حفظ و احیای این گونه بومی با ارزش در محیط‌های طبیعی رویشگاه خود در اولویت است، اما این گیاه به دلیل ترشح نمک از غدد ترش‌چی سبب افزایش هدایت الکتریکی (شوری) خاک می‌شود. بنابراین باید از توسعه و غالبیت آن در بیشه‌زارهای طبیعی پده که به دلیل تخریب (قطع درختان) و به‌ویژه آتش‌سوزی به صورت مهاجم توسعه می‌یابد، ممانعت کرد.

کیفیت و سلامت خاک منعکس می‌کنند ([Milodowski et al., 2021](#)). مشخصه‌های میکروبی و بیوشیمی خاک نیز به عنوان شاخص‌های کیفیت و سلامت خاک مورد توجه هستند ([Malik et al., 2019](#)), زیرا ریزموجودات به طور مستقیم نقش مهمی در چرخه عناصر غذایی داشته و پاسخ سریعی به تغییر در شرایط محیطی خاک می‌دهند ([Singh et al., 1995](#)). ارزیابی تنفس برانگیخته خاک روشی برای اندازه‌گیری جمعیت میکروبی دخیل در تجزیه گلوکز و زی‌توده میکروبی خاک است که می‌تواند بقایای گیاهی را تجزیه کند. مقدار تنفس برانگیخته خاک توسط عواملی مانند رطوبت، درصد مواد آلی، دما و قدرت تجزیه‌پذیری آنها تعیین می‌شود ([Deng et al., 2020](#)).

نتایج آزمون‌های آماری نشان داد، میزان تنفس پایه و تنفس برانگیخته در زیر تاج درختان بیشه گز و پده بیشتر از منطقه شاهد است، اگرچه در مورد تنفس پایه این مقدار معنی‌دار نبوده ولی برای تنفس برانگیخته با ۹۹ درصد اطمینان تفاوت‌ها معنی‌دار است. علت این موضوع را می‌توان وجود حجم بالای لاش‌برگ در زیراشکوب بیشه‌زار دانست که فضای مناسبی را برای فعالیت میکروبی فراهم می‌کند. اگرچه مقدار زی‌توده میکروبی و ظرفیت نیتریفیکاسیون نیز در خارج تاج درختان (شاهد) بیشتر بود ولی میزان لاش‌برگ در منطقه شاهد به طور چشمگیری کمتر از زیر تاج درختان بیشه‌زار بود. نتایج آنالیز آماری و مقایسه داده‌ها نشان داد، این تفاوت برای زی‌توده میکروبی با اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار است ولی برای شاخص ظرفیت نیتریفیکاسیون تفاوت‌ها معنی‌دار نبود. میزان عناصر شیمیایی (فسفر، پتاس، آهن، روی، منیزیم و مس) در خاک زیر تاج درختان نسبت به شاهد بیشتر بود، همچنین، درصد مواد آلی در بیشه تفاوت معنی‌داری با منطقه شاهد داشت. بنابراین، این عوامل نیز در کنار حجم بالای لاش‌برگ می‌توانند سبب افزایش تنفس پایه و برانگیخته در زیر تاج باشند. میزان زی‌توده میکروبی در منطقه شاهد نیز تفاوت‌هایی با زیرتاج در بیشه‌زار داشت و مقدار آن در

References

- Deng, J., Zhou, Y., Zhu, W. and Yin, Y., 2020. Effects of afforestation with *Pinus sylvestris* var. *mongolica* plantations combined with enclosure anagement on soil microbial community. *PeerJ*, 8: e8857.
- Heidari, M., Matinizadeh, M., Pourhashemi, M., Nouri, E. and Sadeghi, S. M., 2025. Investigating the changes of deep soil parameters adjacent to control stands and dieback trees in the forests of Kurdistan province (Case study: Marivan county). *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 22(2): 184-198. <https://doi.org/10.22092/ijfrpr.2024.364939.1614>
- Horáková, E., Pospíšilová, L., Vlček, V. and Menšík, L., 2020. Changes in the soil's biological and chemical properties due to the land use. *Soil & Water Research*, 15 (4): 228-236. <https://doi.org/10.17221/44/2019-SWR>
- Jafari Gamari, F., Hojjati S. M., Pourmajidian M. and Behnam Far, K., 2016. The Second National Congress for the Development and Promotion of Agricultural Engineering and Soil Science of Iran.
- Lal, R., 2005. Forest soils and carbon sequestration. *Forest Ecology and Management*, 220 (1-3): 1.242-258.
- Li, N., Tianyun Shao, T., Zhu, T., Long, X., Gao, X., Liu, Z., Shao, H. and Renge, Z., 2018. Vegetation succession influences soil carbon sequestration in coastal alkali-saline soils in southeast China. *Scientific Reports* 8 (1): 1-12. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-28054-0>
- Lovett, G.M., Weathers, K.C. and Arthur, M.A., 2002. Control of nitrogen loss from forested watersheds by soil carbon: nitrogen ratio and tree species composition. *Ecosystems*, 5: 0712-0718.
- Mahdavi, A.S., Jafari, M., Zargham, N.E., Zare, C.M.A., Baghestani, M.N. and Tavili, A., 2011. Investigation on the effects of *Haloxylon aphyllum*, *Seidlitzia rosmarinus* and *Tamarix aphylla* on soil properties in Chah Afzal-Kavir (Yazd), 2(4): 357-365 (In Persian).
- Matinkhah, S.H., Shahbazi, A. and Naiminia, M., 2016. The effects of *Acacia nilotica* and *Prosopis juliflora* as the nitrogen provider trees on the understory soil of them. *Water and Soil Science*, 25(1-4): 211-222.
- Milodowski, D.T., Coomes, D.A., Swinfield, T., Jucker, T., Riutta, T., Malhi, Y. and Williams, M., 2021. The impact of logging on vertical canopy structure across a gradient of tropical forest degradation intensity in Borneo. *Journal of Applied Ecology*, 58(8): 1764-1775. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13895>
- Malik, A.A., Puissant, J., Goodall, T., Allison, S.D. and Griffiths, R.L., 2019. Soil microbial communities with greater investment in resource acquisition have lower growth yield. *Soil Biology and Biochemistry*, 132: 36-39.
- Moraes Rego, C.A.R., Oliveira, P.S.R., Muniz, L.C., Rosset, J.S., Mattei, E., Costa, B.P. and Pereira, M.G., 2023. Chemical, physical, and biological properties of soil with pastures recovered by integration crop-livestock system in Eastern Amazon. *Revista Brasileira Ciencia do Solo*, 47: e0220094. <https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20220094>.
- Motamedi, M.H., Pourmajidian, M.R., Jalilvand, H., Hojjati, S.M. and Adel, M.N., 2014. The survey of physical and chemical properties of soils in Alder (*Alnus subcordata*) forests plantations in Tonekabon city. *Forest Sustainable Development*, 1(1): 73-85 (In Persian).
- Ordibehesht, M., Matinizadeh, M., Shirvany, A., Ravanbakhsh, H. and Tavakoli Neko, H., 2024. Impact of canopy and seasoning on soil biological characteristics in *Haloxylon ammodendron* and *Tamarix hispida* habitats of Qom province. *Iranian Journal of Forest* (In Persian). <https://doi.org/10.22034/ijf.2024.424128.1953>
- Schwarz, M., Rist, A., Cohen, D., Giadrossich, F., Egorov, P., Büttner, D., Stolz, M. and Thormann, J.-J., 2015. Root reinforcement of soils under compression. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 120: 2103-2120.
- Singh, G., 1995. An agro forestry practice for the development of salt lands using *Prosopis juliflora* and *Leptochloa fusca*. *Agro forestry System*, 29: 61-75.
- Teimouri, M., Alizadeh, T., Iranmanesh, Y., Sadgezdeh Hallaj, M.H. and Pourhashemi, M., 2023. The evaluation of changes in the chemical and biological properties of soil in Brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.) forests of Chaharmahal & Bakhtiari Province, Iran. *Iranian Journal of Forest & Poplar Research*, 31(1): 14-26 (In Persian).
- Zhou, Z., Hua, J. and Xue, J., 2022. Salinity drives shifts in soil microbial community composition and network complexity along vegetation community succession in coastal tidal flats. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 276. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2022.108005>