University of Tehran

Journal of Forest and Wood Products

Online ISSN: 2383-0530

Home Page: https://jfwp.ut.ac.ir

Effect of two species of Prosopis (*P. cineraria* and *P. juliflora*) on soil quality in Saharo-Sindian region of Iran (Case study: Sistan and Baluchestan province)

Mohammad Bayranvand[1] | Mohammad Matinizadeh[2*] | Seyed Mousa Sadeghi[3] | Tahereh Alizadeh[4] | Elham Nouri[5] | Hadi Darroudi[6]

1. Forest Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. Email: m.bayranvand@gmail.com; m.bayranvand@modares.ac.ir
2. Corresponding author, Forest Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. Email: matini@rifr-ac.ir
3. Forest Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. Email: mosavi@rifr-ac.ir
4. Forest Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. Email: talizadeh@rifr-ac.ir
5. Forest Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. Email: nouri@rifr-ac.ir
6. Baluchestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Forest and Rangelands, Iran. Email: h.daroudi@areeo.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article History:
Received: 16 September 2023
Revised: 15 November 2023
Accepted: 25 November 2023
Published online: 10 March 2024

Keywords:
Arid region,
Enzymic activity,
Nitrification potential,
Soil quality index.

ABSTRACT

The purpose of this research is to evaluate and compare the effects of two native and non-native species of Prosopis (*Prosopis cineraria* and *P. juliflora*) on the physical, chemical, and biological characteristics of soil in Sistan and Baluchistan province in Iran. For sampling, 30 trees from each species were selected, and soil samples were taken from a depth of 0-30 cm both under and outside their canopy. After combining all 5 soil samples for each species, samples were obtained for laboratory analysis. Soil properties such as saturated moisture (SM), pH, electrical conductivity (EC), organic carbon (OC), total nitrogen (TN), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), microbial respiration (SMR), substrate-induced respiration (SIR), microbial biomass carbon (MBC), nitrification potential (PN), as well as urease, dehydrogenase, alkaline phosphatase, and acid phosphatase enzyme activity were measured in the laboratory. Based on these measurements, a soil quality index was calculated. The results significantly showed that the highest values of SM, TN, SIR, and dehydrogenase enzyme were found under the canopy of *P. cineraria*, while the highest values of Mg, P, TN, and acid phosphatase enzymes were observed under the canopy of *P. juliflora* species. The lowest values of these parameters were observed outside the canopy of both species. The soil quality index indicates that soil quality under the *P. cineraria* tree is higher than under the *P. juliflora* tree and outside the crown canopy of both species. The conclusion suggests that native Prosopis tree species improve soil fertility and acidity, with soil quality under their canopy being numerically higher than under non-native Prosopis. Therefore, preserving natural forests of *P. cineraria* species and afforestation with it are recommended to maintain and improve soil quality in Sistan and Baluchestan province.

Cite this article: 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 Saharo-Sindian region of Iran (Case study: Sistan and Baluchestan province). *Journal of Forest and Wood Products*, 76 (4), 299-311. DOI: http//doi.org/10.22059/jfwp.2023.365188.1263

© The Author(s) **Publisher:** The University of Tehran Press.
DOI: http//doi.org/10.22059/jfwp.2023.365188.1263

دانشگاه تهران

نشریهٔ جنگل و فرآورده‌های چوب

سایت نشریه: https://jfwp.ut.ac.ir

شاپا الکترونیکی: ۰۵۳۰-۲۳۸۳

اثر دو گونهٔ کهور ایرانی (*Prosopis cineraria*) و کهور آمریکایی (*P. juliflora*) بر کیفیت خاک در ناحیهٔ صحارا– سندی ایران (مطالعهٔ موردی: استان سیستان و بلوچستان)

محمد بیرانوند[۱] | محمد متینی‌زاده[۲*] | سید موسی صادقی[۳] | طاهره علی‌زاده[۴] | الهام نوری[۵] | هادی درودی[۶]

۱. مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. رایانامه:m.bayranvand@modares.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. رایانامه: matini@rifr-ac.ir

۳. مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. رایانامه: mosavi@rifr-ac.ir

۴. مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. رایانامه: talizadeh@rifr-ac.ir

۵. مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. رایانامه: nouri@rifr-ac.ir

۶. مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی بلوچستان (ایرانشهر) بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع. رایانامه:h.daroudi@areeo.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۲۵
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۸/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۰۴
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۲/۲۰

کلیدواژه:
پتانسیل نیتریفیکاسیون،
شاخص کیفیت خاک،
فعالیت‌های آنزیمی،
مناطق خشک.

چکیده

هدف از این پژوهش ارزیابی و مقایسهٔ اثرات دو گونهٔ بومی و غیر بومی کهور (*Prosopis cineraria* و *P. juliflora*) بر مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک در استان سیستان و بلوچستان است. جهت نمونه-برداری، از هر گونهٔ درختی، ۳۰ پایه انتخاب و نمونه‌های خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری در زیر و بیرون تاج پوشش آن‌ها برداشت شد و سپس پنج نمونهٔ خاک در زیر یا بیرون تاج با یکدیگر ترکیب شدند و برای آنالیز آزمایشگاهی در دمای مناسب نگهداری شدند. رطوبت اشباع، اسیدیته، هدایت الکتریکی، کربن آلی، نیتروژن کل، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و تنفس میکروبی پایه و برانگیخته، زی‌تودهٔ میکروبی کربن، پتانسیل نیتریفیکاسیون و فعالیت آنزیم-های اوره‌آز، دهیدروژناز، فسفاتاز قلیایی و اسیدی سنجش و با استفاده از تجزیه واریانس یک‌طرفه مقایسه شد. نتایج نشان داد که به‌طور معنی‌داری بیشترین مقادیر رطوبت اشباع، نیتروژن کل، تنفس برانگیخته و فعالیت آنزیم دهیدروژناز در زیر تاج کهور ایرانی و بیشترین مقادیر منیزیم، پتانسیل نیتریفیکاسیون و فعالیت آنزیم فسفاتاز اسیدی در زیر تاج پوشش درخت کهور آمریکایی مشاهده شد این در حالی است که کمترین مقدار آن‌ها به بیرون تاج پوشش هر دو گونه تعلق داشت. شاخص کیفیت خاک بیانگر این است که کیفیت خاک در زیر گونهٔ کهور ایرانی بالاتر از کهور آمریکایی و مناطق بدون پوشش است. گونه‌های درختی کهور بومی، حاصل‌خیزی و اسیدیته خاک را بهبود بخشیده و کیفیت خاک در زیر تاج پوشش آن از نظر عددی بیشتر از پوشش کهور آمریکایی بوده است. بنابراین حفظ جنگل‌های طبیعی این گونه و جنگلکاری با آن جهت حفظ و بهبود کیفیت خاک در استان سیستان و بلوچستان توصیه می‌شود.

استناد: بیرانوند، محمد؛ متینی‌زاده، محمد؛ صادقی، سید موسی؛ علی‌زاده، طاهره؛ نوری، الهام؛ درودی، هادی (۱۴۰۲). اثر دو گونهٔ کهور ایرانی (*Prosopis cineraria*) و کهور آمریکایی (*P. juliflora*) بر کیفیت خاک در ناحیهٔ صحارا– سندی ایران (مطالعهٔ موردی: استان سیستان و بلوچستان). *نشریهٔ جنگل و فرآورده‌های چوب*، ۷۶ (۴)، ۳۱۱-۲۹۹. DOI: http//doi.org/10.22059/jfwp.2023.365188.1263

© نویسندگان.

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

DOI: http//doi.org/10.22059/jfwp.2023.365188.1263

۱. مقدمه

با توجه به وسعت زیاد مناطق گرم و خشک ایران و پوشش درختی محدود آن‌ها، استفاده از گونه‌های درختی بومی با هدف افزایش پویایی و کیفیت خاک، نگهداری، حفاظت و جنگلکاری این مناطق الزامی است [۱]. یکی از روش‌های پیشنهاد شده برای افزایش کیفیت خاک، استفاده از گونه‌های درختی سازگار با این مناطق است [۲]. در این زمینه، Gour و Datta (۲۰۱۵) در مطالعه مشخصه‌های شیمیایی خاک در مناطق بیابانی، گزارش کردند که مطالعه و استقرار گونه‌های درختی بومی و سازگار با منطقه و شناخت قابلیت‌های آن‌ها، نقش بسیار مهمی در افزایش کیفیت و سلامت خاک این مناطق دارند [۳]. گونه‌های درختی بومی و مناسب در این مناطق، با تولید مواد آلی و گردش مواد به‌واسطه استقرار آن‌ها [۱]، بر شیمی و فعالیت‌های زیستی خاک تأثیر به‌سزایی دارند [۴]. در پژوهش حاضر اثرات دو گونه کهور ایرانی (*Prosopis cineraria*) و کهور آمریکایی (*P. juliflora*) در مقایسه با بیرون تاج پوشش آن‌ها بر مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک مورد توجه قرار گرفته است.

کهور ایرانی گونهٔ بومی و شاخص ناحیهٔ صحارا–سندی است که از نوار ساحلی استان‌های بوشهر، هرمزگان، سیستان و بلوچستان تا جنوب استان کرمان پراکنش دارد. رویشگاه‌های این گونه، عموماً در اقلیم‌های فراخشک و خشک گرم تا فراخشک معتدل گسترش دارد. کهور آمریکایی، درختی سریع‌الرشد و مقاوم به خشکی است که به‌طور گسترده جهت تثبیت شن‌های روان و احیای مراتع در مناطق گرم و خشک کشورهای زیادی کاشته شده است [۵]. این گونه با ریشه‌دوانی عمیق در سال‌های خشک دوام خوبی دارد و در جنوب ایران نیز از گونه‌های اصلی در ترکیب جنگلکاری‌ها به‌شمار می‌رود [۶]. این در حالی است که در کشور امارات، کهور آمریکایی را برای سلامت و حاصلخیزی خاک مضر دانسته‌اند [۵]. به‌طور کلی اثر این دو گونه بر مشخصه-های فیزیکی و شیمیایی خاک تا حدودی بررسی شده است در حالی که تأثیر این گونه‌ها بر مشخصه‌های میکروبی و آنزیمی خاک کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

گونه‌های درختی مناطق گرم و خشک با تأثیر بر عملکرد ریزموجودات خاک‌زی از طریق عواملی مانند سایه‌اندازی تاج، ریشه-دوانی و تولید لاشبرگ نقش مهمی در فعالیت‌های زیستی خاک ایفا می‌کنند [۴]. تنفس میکروبی خاک به‌عنوان یکی از مشخصه-های زیستی خاک، شاخص مناسبی برای درک کیفیت خاک در زیست‌بوم‌های مناطق نیمه‌خشک است [۷]. بین عملکرد ریزموجودات و ویژگی‌های زیستی خاک با فعالیت‌های آنزیمی همبستگی زیادی وجود دارد و نقش اساسی در حاصلخیزی خاک ایفا می‌کنند [۸]. نوع درخت و مواد مغذی خاک از جمله عواملی مهمی هستند که بر فعالیت آنزیم‌ها تأثیر می‌گذارند [۹]. نوع پوشش درختی بر فعالیت جوامع میکروبی و در نتیجه فعالیت آنزیم‌های خاک مؤثر است [۱۰]. در این راستا، شاخص کیفیت خاک که برآیندی از مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک است، می‌تواند مفید باشد [۷]. این شاخص، ابزاری مؤثر برای تصمیم-گیری چند منظوره مانند افزایش سطح پوشش درختی منطقه، جلوگیری از فرسایش خاک و افزایش حاصلخیزی خاک می‌باشد و شاخصی مهم برای درک بهتر عملکرد پوشش و خاک است که هر چقدر این شاخص بالاتر باشد، اثرگذاری گونه‌های درختی بر کیفیت خاک بهتر بوده است و به مدیریت پایدار زیست‌بوم کمک می‌کند [۱۱]. پژوهش‌های اخیر نشان داده‌اند که پوشش درختی، عوامل زندهٔ و غیر زندهٔ خاک و آب و هوا از عوامل تأثیرگذار بر کیفیت خاک می‌باشند [۱۰]. بررسی دقیق خاک‌شناسی دو گونهٔ کهور کهور ایرانی و کهور آمریکایی به‌طور همزمان و مقایسه اثرات آن‌ها بر مشخصه‌های مختلف خاک از جمله شیمیایی، میکروبی و آنزیمی کمتر مورد توجه بوده است. با توجه به اقلیم گرم و خشک و تنش‌های محیطی در استان سیستان و بلوچستان و همچنین کمبود اطلاعات و تحقیقات میدانی در مورد تأثیر گونه‌های مختلف درختی استان سیستان و بلوچستان بر کیفیت خاک، هدف اصلی پژوهش حاضر، مقایسهٔ و ارزیابی اثرات دو گونهٔ کهور ایرانی و آمریکایی بر عناصر غذایی و فعالیت‌های زیستی خاک در استان سیستان و بلوچستان است.

۲. روش‌شناسی پژوهش

۲–۱. منطقهٔ مورد مطالعه و روش نمونه‌برداری

این مطالعه، در رویشگاه‌های جنگلی شهرستان‌های ایرانشهر، بمپور و کنارک در استان سیستان و بلوچستان اجرا شد. با پایش

میدانی، نمونه‌برداری از توده‌های جنگلی به روش تصادفی نامنظم انجام شد. ۳۰ پایه کهور ایرانی و ۳۰ پایه کهور آمریکایی قطر تنه حدود ۲۰ سانتی‌متر و قطر تاج پوشش، و حدوداً شش متر (دایره‌ای)، انتخاب شدند [۱]. نمونه‌برداری خاک برای هر دو گونه در عمق۳۰-۰ سانتی‌متر در زیر تاج پوشش درختان با فاصلهٔ یکسان (نزدیک لبهٔ انتهایی تاج، تقریباً نیم متر فاصله) و در بیرون تاج پوشش (به اندازهٔ نصف قطر تاج به بیرون و طوری که تاج درخت دیگری در آن وجود نداشته باشد) به‌صورت ترکیبی و در جهت شرق درخت انجام شد [۱]. پنج نمونه خاک برداشت شده در زیر درختان در هر تودهٔ جنگلی و همچنین پنج نمونه بیرون تاج به یک نمونهٔ مرکب، جهت سنجش مشخصه‌های خاک تبدیل شد. درنهایت، ۱۲ نمونه خاک شامل ۶ نمونه زیر تاج و ۶ نمونه بیرون تاج برای هر گونه به آزمایشگاه منتقل شد. برای ثابت ماندن فعالیت میکروارگانیسم‌ها، نمونه‌های خاک داخل کیسه ریخته شدند و در داخل یخدان در شرایط سرد قرار داده شدند و سپس به آزمایشگاه منتقل شدند. مختصات UTM محل تنهٔ درختان با دستگاه Garmin model GPSMAP 60Cx ثبت شد.

۲-۲. روش آماده‌سازی نمونه‌ها، تجزیهٔ آزمایشگاهی ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، زیستی و فعالیت‌های آنزیمی خاک

نمونه‌های خاک بعد از جدا کردن سنگریزه‌ها، بقایای گیاهی و ریشه‌ها از الک دو میلی‌متری رد شد و سپس به دو بخش تقسیم شد: ۱) یک بخش از نمونه‌ها در فریزر دمای۲۰- درجهٔ سانتی‌گراد جهت سنجش مشخصه‌های تنفس میکروبی پایه و برانگیخته، پتانسیل نیتریفیکاسیون، کربن زی‌تودهٔ میکروبی خاک و همچنین فعالیت آنزیمی خاک ذخیره شدند و ۲) بخش دیگر از نمونه‌ها برای تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در سایه خشک و در دمای آزمایشگاه نگهداری شدند. مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک با استفاده از روش‌های متداول آزمایشگاهی در مجموع برای ۲۴ نمونهٔ ترکیبی در چهار حالت گونهٔ درختی (کهور ایرانی و کهور آمریکایی) و زیر و بیرون تاج پوشش سنجش شد. رطوبت گل اشباع خاک به روش خشک شدن در آون در چهار روز متوالی در دمای ۱۰۵ درجهٔ سانتی‌گراد و سپس توزین گل اشباع، بافت خاک با استفاده از روش هیدرومتری بایکاس، اسیدیته (pH) خاک به روش پتانسیومتری و با استفاده از دستگاه pH سنج، کربنات کلسیم (آهک خاک) معادل به روش تیتراسیون برگشتی، هدایت الکتریکی عصارهٔ اشباع خاک با دستگاه هدایت‌سنج، کربن آلی خاک به روش اکسایش تر والکی-بلاک، نیتروژن کل به روش هضم و با روش کجلدال، فسفر قابل جذب به روش اولسن و طیف‌سنجی با دستگاه اسپکتروفتومتر، پتاسیم، منیزیم و کلسیم قابل جذب خاک با استات آمونیوم استخراج و به روش طیف‌سنجی با دستگاه جذب اتمی سنجش شدند. تنفس میکروبی پایه و برانگیخته به روش بطری در بسته و به روش خنثی‌سازی با سود NaOH و تیتراسیون با اسید کلریدریک اندازه‌گیری شدند. پتانسیل نیتریفیکاسیون در ۵ گرم از خاک مرطوب و با سوبسترای سولفات آمونیوم و در ۲۲ درجهٔ سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. نمونه‌های کنترل در دمای۲۰- درجهٔ سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از گذشت ۵ ساعت و اضافه کردن معرف رنگی (حاوی سولفانیل‌آمید و آلفا-نفتیل‌اتیل‌دی‌آمین هیدروکلراید)، میزان جذب در ۵۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شد [۱۲].

فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز قلیایی و فسفاتاز اسیدی بر روی یک گرم خاک (وزن مرطوب)، با استفاده از p-nitrophenyl phosphate (pNPP) به‌عنوان سوبسترا تعیین شدند و براساس وزن خشک خاک گزارش شد [۱۲]. فعالیت آنزیم دهیدروژناز با استفاده از ۲، ۳، ۵-تری‌فنیل‌تترازولیوم کلراید ((۲, ۳, ۵-triphenyl tetrazolium chloride (TTC) به‌عنوان سوبسترا اندازه‌گیری و بر حسب تری‌فنیل‌فرمازان (μg triphenyl formazan (TPF)) گرم خاک خشک در یک ساعت گزارش شد [۱۳]. برای تعیین فعالیت آنزیم اوره‌آز، پنج گرم خاک با ۰/۲ میلی‌لیتر تولوئن تیمار شده، و پس از افزودن ۹ میلی‌لیتر بافر تریس (تریس هیدروکسی‌متیل‌آمینومتان pH=۹)، به مدت دو ساعت در دمای ۳۷ درجهٔ سانتی‌گراد، انکوباسیون شد. مقدار آمونیوم آزاد شده در سوسپانسیون موجود بر حسب میکروگرم آمونیوم آزاد شده به‌ازای هر گرم خاک در دو ساعت انکوباسیون گزارش گردید [۱۴].

۲-۳. مشخصه‌های بررسی‌شده جهت تعیین شاخص کیفیت خاک

شاخص کیفیت خاک (SQI) با استفاده از مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک، براساس سه گام تعیین حداقل داده‌های مورد استفاده، امتیاز دادن به هر یک از داده‌های هر مشخصه و ادغام و میانگین امتیازها محاسبه شد [۱۰، ۱۱].

رابطهٔ ۱) بالاترین ارزش/ ارزش (مقدار) هر تکرار =گروه (۱)
ارزش (مقدار) هر تکرار/ پایین‌ترین ارزش =گروه (۲)

ادغام امتیازهای محاسبه شده، درون یک شاخص کلی با عنوان شاخص کیفیت خاک در نظر گرفته شد.

رابطهٔ ۲) $$\text{شاخص کیفیت خاک} = (\sum S_i/n) \times 10$$

Si: امتیاز داده شده به هر شاخص و n: تعداد کل شاخص‌ها.

۲-۴. روش آماری

در ابتدا نرمالیته داده‌ها با آزمون کولموگروف–اسمیرنوف و همگنی واریانس با آزمون لون بررسی شد. به‌منظور مطالعهٔ تفاوت یا عدم تفاوت مقادیر مختلف خاک در بین گونه‌های مختلف درختی، از تجزیه واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) استفاده شد. آزمون توکی نیز به‌منظور مقایسهٔ چندگانه میانگین بکار گرفته شد. همچنین به‌منظور انجام آنالیز چندمتغیره و تعیین ارتباط بین مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک، تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA[1]) با استفاده از پکیج Facto Extra و Facto Mine انجام شد. کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری در بسته نرم‌افزاری (R version3.3.6) انجام پذیرفت.

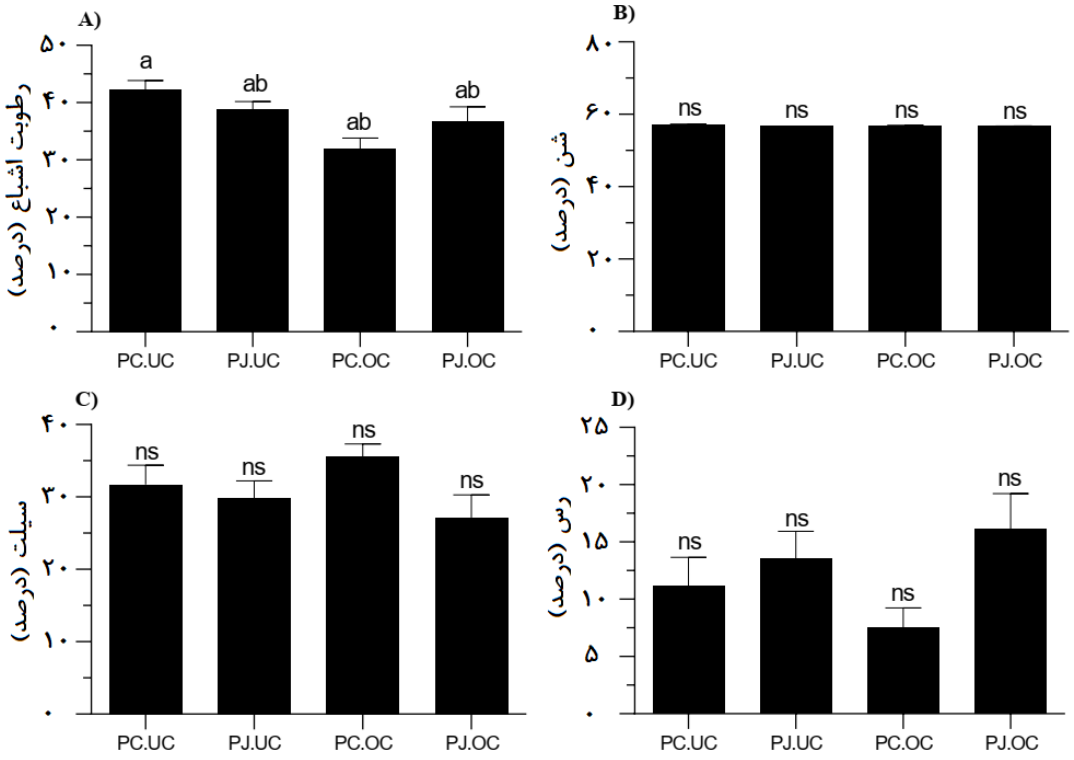
۳. یافته‌های پژوهش

نتایج تجزیه واریانس حاکی از نبود تفاوت آماری معنی‌دار بین مشخصه‌های فیزیکی خاک به‌جز رطوبت اشباع در زیر تاج گونه-های درختی کهور ایرانی و آمریکایی و بیرون تاج است (جدول ۱). بیشترین مقادیر رطوبت اشباع خاک زیر تاج گونهٔ درختی کهور ایرانی مشاهده شد در حالی که پایین‌ترین مقدار، در بیرون تاج گونهٔ کهور آمریکایی اندازه‌گیری شد (شکل A1). نتایج تجزیه واریانس حاکی از نبود تفاوت آماری معنی‌دار بین مشخصه‌های شیمیایی خاک بررسی شده به‌جز pH و نیتروژن و منیزیم قابل جذب در زیر تاج گونه‌های درختی کهور ایرانی و آمریکایی و بیرون تاج پوشش آن‌ها بود (جدول ۱). مقدار pH خاک در بخش بیرون تاج هر دو گونهٔ کهور، قلیایی‌تر از زیر تاج آن‌ها بود و نشان داد که وجود گونه‌های درختی، باعث کاهش اسیدیته و بهبود آن می‌شوند (شکل A2). نیتروژن کل خاک در زیر تاج پوشش هر دو گونهٔ بیشتر از بیرون تاج آن‌ها بود (شکل E2). منیزیم قابل جذب، بیشترین مقادیر را در زیر تاج درختان کهور آمریکایی داشت در حالی که کمترین میزان آن، بیرون از تاج کهور ایرانی مشاهد شد (شکل K2). نتایج تجزیه واریانس بیانگر نبود تفاوت آماری معنی‌دار بین دیگر مشخصه‌های زیستی خاک به‌جز تنفس میکروبی برانگیخته و پتانسیل نیتریفیکاسیون در زیر تاج گونه‌های درختی کهور ایرانی و آمریکایی و بیرون تاج آن‌ها است (جدول ۲). بیشترین مقادیر مشخصه‌های تنفس میکروبی برانگیخته، زیر تاج گونهٔ درختی کهور ایرانی مشاهده شد در حالی که پایین‌ترین مقدار در بیرون تاج هر دو گونهٔ کهور اندازه‌گیری شد (شکل B3). پتانسیل نیتریفیکاسیون بیشترین مقادیر را به‌ترتیب در زیر تاج درختان کهور امریکایی > کهور ایرانی > بیرون تاج هر دو گونه نشان داد (شکلD3). بین فعالیت آنزیم‌های خاک بررسی شده به‌جز اوره‌آز و شاخص کیفیت خاک در زیر تاج گونه‌های درختی کهور ایرانی و آمریکایی و بیرون تاج آن‌ها تفاوت آماری معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). بیشترین مقادیر فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز اسیدی و قلیایی، زیر تاج هر دو گونهٔ کهور بود در حالی که پایین‌ترین مقدار در بیرون تاج هر دو گونه کهور مشاهده شد (شکل B-A4). فعالیت آنزیم دهیدروژناز نیز بیشترین مقادیر را در زیر تاج درختان کهور ایرانی نشان داد (شکل D4). بیشترین مقادیر شاخص کیفیت خاک به‌ترتیب در زیر تاج کهور ایرانی > زیر تاج کهور آمریکایی > بیرون تاج کهور ایرانی و آمریکایی مشاهده شد (شکل ۵). سهم مشخصه‌های مختلف خاک در شاخص کیفیت خاک در جدول ۳ ارائه شده است.

[1]Principal Component Analysis

جدول ۱. تجزیهٔ واریانس مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک زیر و بیرون تاج گونه‌های درختی کهور ایرانی و آمریکایی

مشخصه‌ها	منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	معنی‌داری
درصد رطوبت اشباع	بین گروه‌ها	۳۳۴/۷۵	۳	۱۱۱/۵۸۳	۵/۱۱۴	۰/۰۰۹
	درون گروه‌ها	۴۳۶/۳۹۸	۲۰	۲۱/۸۲		
	کل	۷۷۱/۱۴۸	۲۳			
درصد شن	بین گروه‌ها	۰/۳۹۳	۳	۰/۱۳۱	۳/۰۶۲	۰/۰۹۱
	درون گروه‌ها	۰/۳۴۲	۸	۰/۰۴۳		
	کل	۰/۷۳۶	۱۱			
درصد سیلت	بین گروه‌ها	۱۱۲/۸۰۶	۳	۳۷/۶۰۲	۱/۹۶۴	۰/۱۹۸
	درون گروه‌ها	۱۵۳/۱۴۱	۸	۱۹/۱۴۳		
	کل	۲۶۵/۹۴۷	۱۱			
درصد رس	بین گروه‌ها	۱۱۹/۹۴۴	۳	۳۹/۹۸۱	۲/۱۸۴	۰/۱۶۸
	درون گروه‌ها	۱۴۶/۴۷۱	۸	۱۸/۳۰۹		
	کل	۲۶۶/۴۱۵	۱۱			
اسیدیته	بین گروه‌ها	۲/۲۶۶	۳	۰/۷۵۵	۱۱/۲۲۴	۰/۰۰۰
	درون گروه‌ها	۱/۳۴۶	۲۰	۰/۰۶۷		
	کل	۳/۶۱۲	۲۳			
درصد آهک	بین گروه‌ها	۲۳/۲۵	۳	۷/۷۵	۲/۸۷۹	۰/۰۶۲
	درون گروه‌ها	۵۳/۸۳۳	۲۰	۲/۶۹۲		
	کل	۷۷/۰۸۳	۲۳			
هدایت الکتریکی (EC)	بین گروه‌ها	۷۱۲۴۵۸/۸۳۳	۳	۲۳۷۴۸۶/۲۷۸	۱/۲۹۳	۰/۳۰۴
	درون گروه‌ها	۳۶۷۴۳۰۵	۲۰	۱۸۳۷۱۵/۲۵		
	کل	۴۳۸۶۷۶۳/۸۳۳	۲۳			
کربن آلی	بین گروه‌ها	۲/۴۰۸	۳	۰/۸۰۳	۲/۲۰۷	۰/۱۱۹
	درون گروه‌ها	۷/۲۷۵	۲۰	۰/۳۶۴		
	کل	۹/۶۸۳	۲۳			
نیتروژن کل	بین گروه‌ها	۰/۰۰۴	۳	۰/۰۰۱	۳/۲۱۹	۰/۰۴۵
	درون گروه‌ها	۰/۰۰۸	۲۰	۰/۰		
	کل	۰/۰۱۱	۲۳			
فسفر قابل جذب	بین گروه‌ها	۱۲۴۲/۲۳۹	۳	۴۱۴/۰۸	۰/۸۰۲	۰/۵۰۷
	درون گروه‌ها	۱۰۳۲۵/۰۲۵	۲۰	۵۱۶/۲۵۱		
	کل	۱۱۵۶۷/۲۶۴	۲۳			
پتاسیم قابل جذب	بین گروه‌ها	۱۰۹۲۲۶۴/۷۹۵	۳	۳۶۴۰۸۸/۲۶۵	۳/۰۳۴	۰/۰۵۳
	درون گروه‌ها	۲۴۰۰۲۳۰/۹۹	۲۰	۱۲۰۰۱۱/۵۵		
	کل	۳۴۹۲۴۹۵/۷۸۵	۲۳			
کلسیم قابل جذب	بین گروه‌ها	۵۹۱۶/۲۶۶	۳	۱۹۷۲/۰۸۹	۲/۱۹	۰/۱۲۱
	درون گروه‌ها	۱۸۰۰۷/۸۱۴	۲۰	۹۰۰/۳۹۱		
	کل	۲۳۹۲۴/۰۸	۲۳			
منیزیم قابل جذب	بین گروه‌ها	۹۶۱۱۰/۱۷۴	۳	۳۲۰۳۶/۷۲۵	۴/۰۵۳	۰/۰۲۱
	درون گروه‌ها	۱۵۸۰۸۹/۲۶	۲۰	۷۹۰۴/۴۶۳		
	کل	۲۵۴۱۹۹/۴۳۵	۲۳			

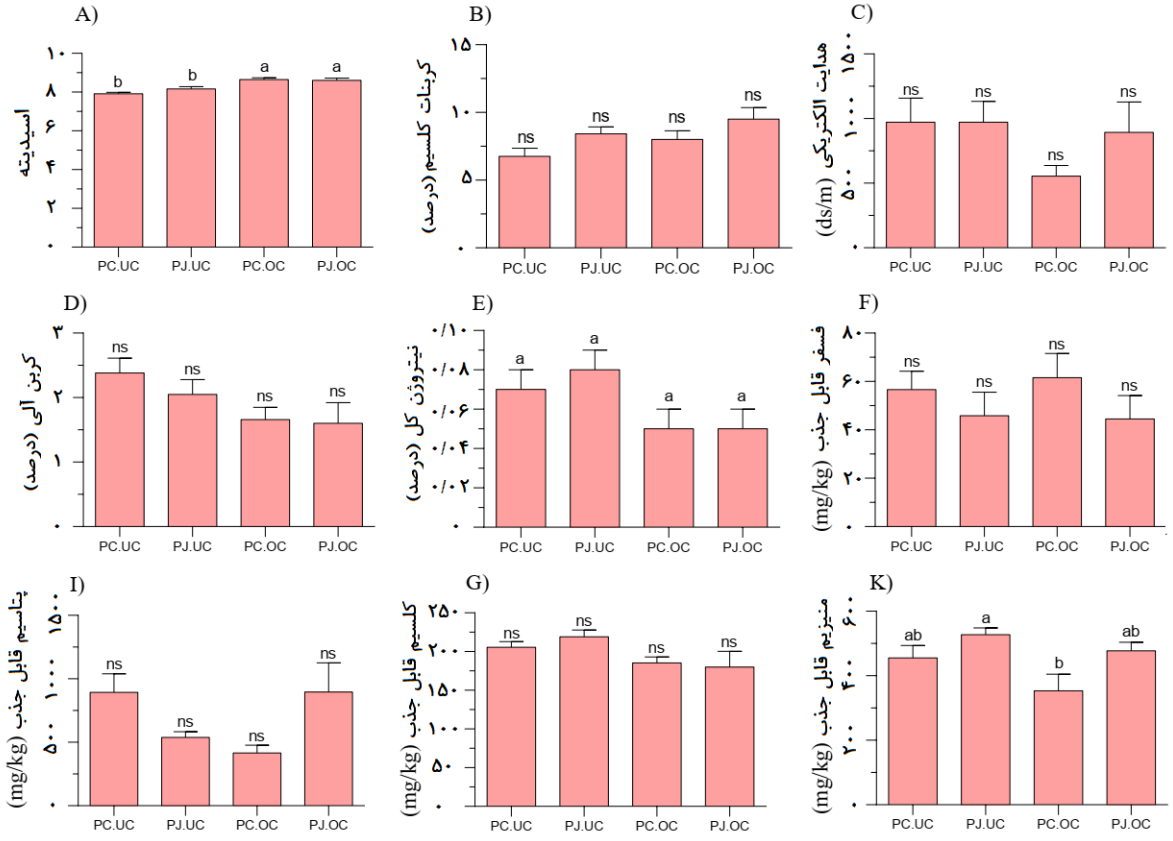


شکل ۱. نمودار مشخصه‌های فیزیکی خاک زیر و بیرون تاج گونه‌های درختی کهور ایرانی و آمریکایی.
نمودار A (درصد رطوبت اشباع)، نمودار B (درصد شن)، نمودار C (درصد سیلت) و نمودار D (درصد رس). PC.UC (زیر تاج کهور ایرانی)، PJ.UC (زیر تاج کهور آمریکایی)، PC.OC (بیرون تاج کهور ایرانی)، PJ.OC (بیرون تاج کهور آمریکایی).
حروف کوچک انگلیسی نشان‌دهندهٔ معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد براساس آزمون توکی است.

جدول ۲. تجزیهٔ واریانس مشخصه‌های زیستی، فعالیت‌های آنزیمی و شاخص کیفیت خاک زیر و بیرون تاج گونه‌های درختی کهور ایرانی و آمریکایی

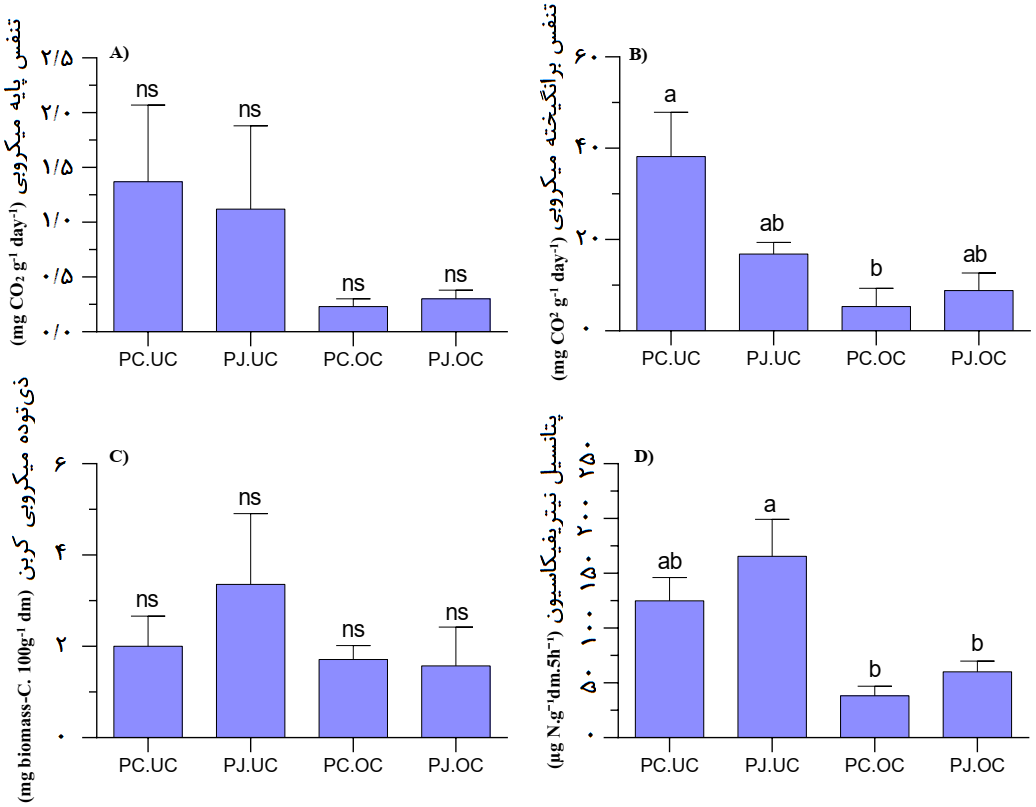
مشخصه‌ها	منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	معنی‌داری
تنفس پایهٔ میکروبی	بین گروه‌ها	۵/۵۰۲	۳	۱/۸۳۴	۱/۰۲۳	۰/۴۰۶
	درون گروه‌ها	۳۲/۲۷۱	۲۰	۱/۷۹۳		
	کل	۳۷/۷۷۳	۲۳			
تنفس برانگیخته میکروبی	بین گروه‌ها	۳۴۰۷/۳۸۶	۳	۱۱۳۵/۷۹۵	۴/۹۷۸	۰/۰۱۴
	درون گروه‌ها	۳۴۲۲/۷۶	۱۵	۲۲۸/۱۸۴		
	کل	۶۸۳۰/۱۴۶	۱۸			
زی‌تودهٔ میکروبی کربن	بین گروه‌ها	۸/۹۰۳	۳	۲/۹۶۸	۰/۸۰۹	۰/۵۰۶
	درون گروه‌ها	۶۲/۳۲۸	۱۷	۳/۶۶۶		
	کل	۷۱/۲۳۱	۲۰			
پتانسیل نیتریفیکاسیون	بین گروه‌ها	۵۷۹۸۴/۰۲۳	۳	۱۹۳۲۸/۰۰۸	۷/۰۰۳	۰/۰۰۲
	درون گروه‌ها	۵۲۴۳۸/۸۰۵	۱۹	۲۷۵۹/۹۳۷		
	کل	۱۱۰۴۲۲/۸۲۷	۲۲			
فسفاتاز اسیدی	بین گروه‌ها	۱۷۳۴۴/۶۳۳	۳	۵۷۸۱/۵۴۴	۴/۴۱۸	۰/۰۱۶
	درون گروه‌ها	۲۴۸۶۳/۲۱۴	۱۹	۱۳۰۸/۵۹		
	کل	۴۲۲۰۷/۸۴۷	۲۲			
فسفاتاز قلیایی	بین گروه‌ها	۲۶۴۵۶۳/۰۱۳	۳	۸۸۱۸۷/۶۷۱	۱۰/۹۴۳	۰/۰۰۰
	درون گروه‌ها	۱۶۱۱۸۲/۴۶۵	۲۰	۸۰۵۹/۱۲۳		
	کل	۴۲۵۷۴۵/۴۷۸	۲۳			

مشخصه‌ها	منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	معنی‌داری
اوره‌آز	بین گروه‌ها	۲۴۷۳۳۸۰/۴۲۴	۳	۸۲۴۴۶۰/۱۴۱	۰/۷۸۸	۰/۵۱۵
	درون گروه‌ها	۲۰۹۳۰۰۰۰	۲۰	۱۰۴۶۳۷۱/۹۰۹		
	کل	۲۳۴۰۰۰۰۰	۲۳			
دهیدروژناز	بین گروه‌ها	۱۱۴۲۹/۹۲	۳	۳۸۰۹/۹۷۳	۷/۳۶۵	۰/۰۰۲
	درون گروه‌ها	۱۰۳۴۶/۰۷	۲۰	۵۱۷/۳۰۴		
	کل	۲۱۷۷۵/۹۹	۲۳			
شاخص کیفیت خاک	بین گروه‌ها	۲۰/۷۵۱	۳	۶/۹۱۷	۱۶/۹۳۵	۰/۰۰۰
	درون گروه‌ها	۸/۱۶۹	۲۰	۰/۴۰۸		
	کل	۲۸/۹۲	۲۳			

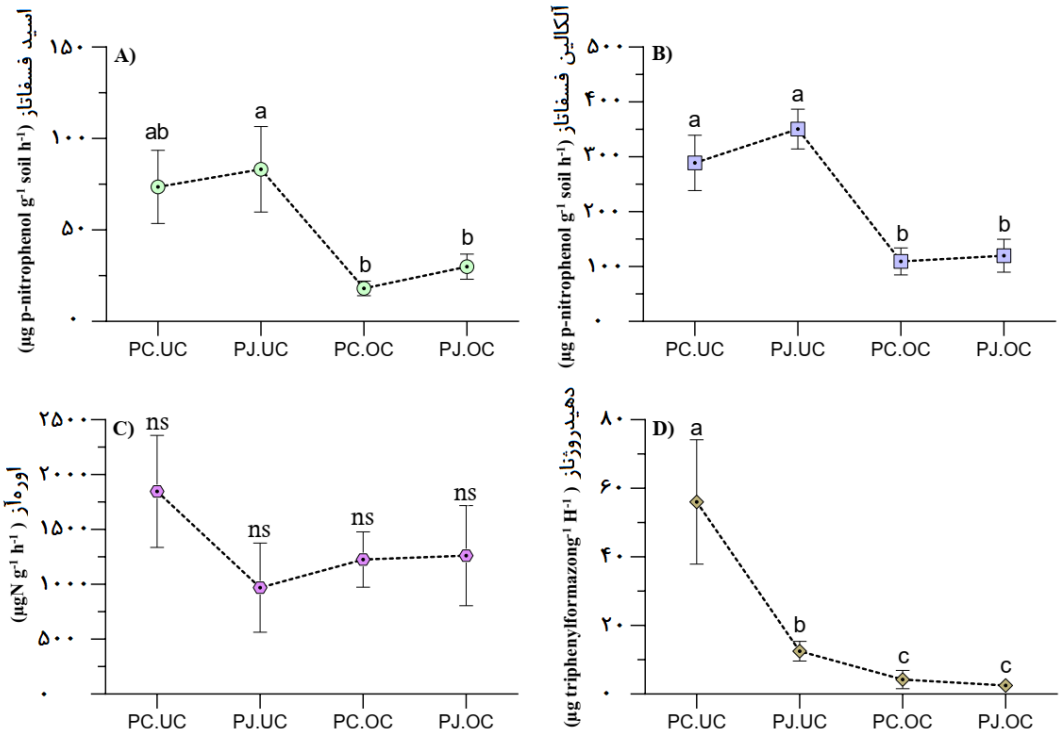


شکل ۲. نمودار مشخصه‌های شیمیایی خاک زیر و بیرون تاج گونه‌های درختی کهور ایرانی و آمریکایی.

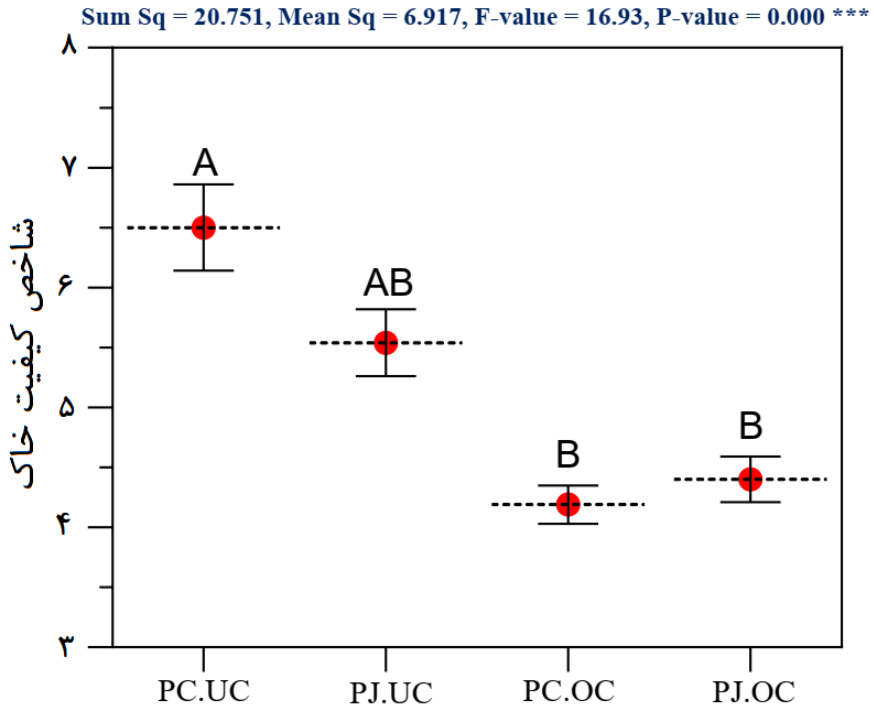
نمودار A (واکنش خاک)، B (کربنات کلسیم)، C (هدایت الکتریکی)، D (کربن آلی)، E (نیتروژن کل)، F (فسفر قابل جذب)، I (پتاسیم قابل جذب)، G (کلسیم قابل جذب)، K (منیزیم قابل جذب). PC.UC (زیر تاج کهور ایرانی)، PJ.UC (زیر تاج کهور آمریکایی)، PC.OC (بیرون تاج کهور ایرانی)، PJ.OC (بیرون تاج کهور آمریکایی). حروف کوچک انگلیسی نشان‌دهندهٔ معنی‌داری در سطح ۵ آماری درصد براساس آزمون توکی است.



شکل ۳. نمودار مشخصه‌های زیستی خاک شامل تنفس پایهٔ میکروبی (A)، تنفس برانگیخته میکروبی (B)، زی‌تودهٔ میکروبی کربن (C)، پتانسیل نیتریفیکاسیون (D) زیر و بیرون تاج گونه‌های درختی کهور ایرانی و آمریکایی.



شکل ٤. نمودار فعالیت‌های آنزیمی خاک زیر و بیرون تاج گونه‌های درختی کهور ایرانی و آمریکایی.
نمودار A (اسیدفسفاتاز)، نمودار B (الکالین فسفاتاز)، نمودار C (اوره‌آز)، نمودار D (دهیدروژناز).



شکل ۵. نمودار شاخص کیفیت خاک (Soil quality index) بر مبنای مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک زیر و بیرون تاج گونه‌های درختی کهور ایرانی و آمریکایی.

جدول ۳. میانگین سهم مشخصه‌های مختلف خاک در شاخص کیفیت خاک

تیمارها	سهم مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک در شاخص کیفیت خاک																
	MS	pH	$CaCO_3$	EC	OC	N	P	Ca	Mg	K	BR	SIR	NP	ACP	ALC	Ure	Deh
PC.UC	۸/۹	۹/۸	۷/۳	۳/۴	۷/۷	۷/۳	۷/۱	۸/۱	۷/۵	۵/۳	۲/۸	۵/۶	۴/۲	۵	۶/۴	۵/۳	۸/۹
PJ.UC	۷/۷	۹	۵/۲	۴/۴	۵/۲	۵/۲	۵/۶	۷/۱	۷/۸	۵/۳	۰/۴	۱/۳	۲	۲	۲/۷	۳/۷	۰/۴
PC.OC	۶/۷	۸/۹	۶/۱	۵/۷	۵/۴	۵/۳	۷/۷	۷/۳	۵/۸	۲/۴	۰/۵	۰/۴	۱/۱	۱/۲	۲/۴	۳/۶	۰/۷
PJ.OC	۸/۱	۹/۵	۵/۷	۳/۳	۶/۶	۸	۵/۷	۸/۶	۸/۶	۳/۲	۲/۳	۱/۶	۵/۶	۴/۷	۷/۸	۲/۸	۲

۴. بحث

گونه‌های مختلف درختی با الگوهای مختلف بر حاصل‌خیزی و بهبود کیفیت خاک تأثیر می‌گذارند [۹]. پژوهش حاضر نیز نشان داد که مشخصه‌های مختلف فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک زیر گونه‌های مختلف کهور متفاوت بوده است و هر کدام به طریق مختلف باعث افزایش بهبود کیفیت خاک نسبت به نمونه‌های بیرون تاج شده‌اند. در بررسی مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، Bijani و همکاران (۲۰۲۰) بیان کردند که مقدار رطوبت زیر تاج کهور ایرانی به‌مراتب بیشتر از کهور آمریکایی و فضای باز است و دلایل آن را مواد آلی بیشتر، کاهش شدت نور و تبخیر کمتر زیر این گونه عنوان کرده‌اند که با یافته‌های این پژوهش همسو می‌باشد. همچنین تحقیقات نشان داده است که کهور آمریکایی علاوه بر ریشه‌های عمودی، دارای سیستم ریشه‌ای جانبی گسترده در سطح خاک است که آب سطحی خاک را مکش می‌کنند [۱۵]. در این زمینه، Langenbruch و همکاران (۲۰۱۲) مهمترین عوامل ذخیرهٔ عناصر غذایی خاک را رطوبت و pH خاک عنوان کردند [۱۶]. گونهٔ کهور ایرانی با دارا بودن میزان بالاتر رطوبت اشباع و pH نزدیک به خنثی، مقادیر بالاتر نیتروژن، تنفس میکروبی و فعالیت آنزیمی دهیدروژناز را به‌همراه داشته است. کاهش چشمگیر مشخصه‌های شیمیایی و میکروبی خاک در بیرون تاج درختان در مناطق گرم و خشک را می‌توان به میزان بالای pH و کاهش رطوبت خاک نسبت داد زیرا pH بالای خاک در شرایط خشک، تبادل کاتیونی را کاهش داده و به نوبهٔ خود

منجر به کاهش ذخیرهٔ عناصر خاک می‌شود [۱۶]. کاهش pH خاک زیر درخت کهور ایرانی و آمریکایی نسبت به بیرون تاج را می‌توان به اکسیداسیون زی‌توده و آمونیوم [۱۷]، تولید H^+، تنفس و ترشحات ریشه‌ای، تولید اسید کربنیک و همچنین ترکیبات فنولیک موجود در برگ‌های کهور نسبت داد [۱۵].

در پژوهش حاضر مقادیر کربن آلی خاک در بین دو گونهٔ درختی کهور و بیرون و درون تاج آن‌ها از نظر آماری اختلاف مشاهده نشد. این امر می‌تواند به‌دلیل دورهٔ طولانی خشکی در این منطقه باشد به‌طوری که در هنگام نمونه‌برداری و مشاهدات میدانی، لایهٔ آلی هوموس در زیر این درختان مشاهده نشد. در مقابل نیتروژن خاک در زیر تاج درختان کهور در مقایسه با بیرون تاج آن‌ها به‌مراتب بیشتر بوده است و یکی از دلایل آن به دام انداختن نیتروژن اتمسفری در اندام‌های رویشی درختان و انتقال آن به‌صورت لاشبرگی به خاک است [۲]. در مطالعه دیگر Bayranvand و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی نیتروژن خاک در زیر گونه‌های درختی کهور ایرانی، استبرق و کنار نتیجه گرفتند که نیتروژن خاک در زیر گونهٔ کهور ایرانی بیشتر از گونهٔ استبرق است که دلیل آن را لگومینوز بودن این گونهٔ درختی و حضور گره‌های تثبیت کننده نیتروژن مولکولی در ریشه این درخت بیان داشتند [۱۸]. از طرف دیگر، چون بخش عمده‌ای از فرآیند معدنی شدن نیتروژن آلی خاک به‌واسطهٔ فعالیت‌های موجودات زندهٔ ذره‌بینی صورت می‌گیرد، بنابراین نیتروژن آزاد شده در زیر گونهٔ کهور تابع pH خاک و به‌دنبال آن فعالیت‌های میکروبی است [۶]. در پژوهش حاضر، عناصر قابل جذب مانند پتاسیم، کلسیم و منیزیم مورد بررسی قرار گرفت که تنها منیزیم به‌طور معنی‌داری در زیر تاج گونهٔ کهور آمریکایی بالاتر از کهور ایرانی و بیرون تاج آن‌ها بود. در مطالعه مشابه Bijani و همکاران (۲۰۲۰) بیان داشتند که عناصر قابل جذب کلسیم، منیزیم و پتاسیم در زیر گونهٔ کهور آمریکایی بالاتر از کهور ایرانی بوده است و بیان کردند که دلیل بالاتر بودن میزان این عناصر در زیر تاج درخت کهور آمریکایی نسبت به کهور ایرانی این است که گونه‌های غیر بومی نسبت به گونه‌های بومی در جذب عناصر غذایی و رقابت کارآمدتر هستند و از منابع نور و عناصر غذایی بیشتر استفاده می‌کنند [۱۵].

تنفس میکروبی به‌عنوان یکی از شاخص‌های زیستی خاک، می‌تواند بیانگر فعالیت ریزموجودات خاک باشد [۱۹]. تنفس میکروبی برانگیخته به شدت تحت تأثیر مشخصه‌های خاک و پوشش درختی قرار می‌گیرد [۱]. نتایج این پژوهش نشان داد که تنفس برانگیخته در زیر تاج پوشش گونهٔ کهور ایرانی به‌مراتب بیشتر از بیرون تاج آن بوده است. یکی از عوامل مؤثر بر فعالیت‌های میکروبی، رطوبت خاک است که به نوبهٔ خود، تجزیهٔ مواد آلی را در حضور میکروارگانیسم‌ها فراهم می‌کند [۱۵]. افزایش نیتروژن خاک با وجود رطوبت و pH مناسب باعث افزایش فعالیت میکروب‌ها و افزایش تنفس در خاک زیر تاج درختان شده است [۲۰]. همچنین بررسی فعالیت‌های آنزیمی خاک نشان می‌دهد که بالاترین میزان فعالیت‌ها آن‌ها به‌طور معنی‌داری، زیر تاج بیشتر از بیرون تاج است این در حالی است که بیشترین فعالیت آنزیم دهیدروژناز در زیر گونهٔ کهور ایرانی دیده می‌شود. آنزیم‌هایی مانند فسفاتاز اسیدی و قلیایی از عوامل مؤثر در چرخه و تجزیهٔ مواد آلی خاک به‌حساب می‌آیند و رابطهٔ نزدیکی با پوشش گیاهی، اسیدیته و رطوبت خاک دارند [۲۰]. در پژوهش حاضر نیز رطوبت اشباع، pH و بخشی از مشخصه‌های شیمیایی و زیستی خاک، همبستگی بالایی با فعالیت آنزیم‌های خاک در زیر تاج گونه‌های درختی نشان داده‌اند. همچنین افزایش فعالیت‌های آنزیمی خاک در زیر گونه‌های درختی ممکن است به‌دلیل افزایش زی‌تودهٔ روزمینی، فعالیت میکروبی و در نهایت کیفیت خاک باشد [۸]. افزایش فعالیت آنزیم‌ها در این مطالعه، همسو با افزایش نیتروژن می‌تواند به‌دلیل لاشبرگ با کیفیت گونه‌های لگومینوز (مانند کهور ایرانی) و شرایط مناسب‌تر برای تجزیهٔ مواد آلی باشد [۹].

کیفیت خاک از عوامل مهم در تعیین پتانسیل تولید هر زیست‌بوم است و تأثیر مهمی بر رویش و زنده‌مانی گونه‌های درختی دارد. درختان نیز توانایی بالایی در بهبود مشخصه‌های خاک دارند و می‌توانند در رفع کمبودهای خاک بکار روند [۱۵]. یافته‌های حاضر بیانگر این است که بالاترین شاخص کیفیت خاک متعلق به گونهٔ کهور ایرانی و کمترین آن مربوط به بیرون تاج هر دو گونه بوده است. تاج گسترده و زی‌تودهٔ بالای درختان مقدار زیادی مواد آلی به خاک اضافه می‌کند که منجر به ایجاد شرایط مطلوب برای فعالیت ریزموجودات و کیفیت خاک می‌شود [۷]. آنزیم‌های فسفاتاز اسیدی و قلیایی، رطوبت، نیتروژن کل و تنفس میکروبی برانگیخته، سهم بالاتری در شاخص کیفیت خاک در زیر گونهٔ کهور ایرانی نسبت به کهور آمریکایی و بیرون تاج

درختان نشان دادند و با نتایج مطالعات قبلی [۲۱] همسو می‌باشد. نیتروژن و تنفس میکروبی بالاتر و همچنین pH مناسب‌تر در زیر تاج کهور ایرانی موجب افزایش شاخص کیفیت خاک شده است [۲۲]. این افزایش می‌تواند به‌دلیل سرعت تجزیهٔ لاشبرگ باشد، زیرا لاشبرگ کهور ایرانی به‌دلیل نیتروژن بالا و لگومینوز بودن سریع تجزیه شده و به خاک انتقال داده می‌شوند [۱۱].

۵. نتیجه‌گیری

با توجه به روند کاهش سطح پوشش درختی و کاهش کیفیت خاک در مناطق شکنندهٔ جنوب کشور، شناخت گونه‌های درختی سازگار با این مناطق جهت افزایش بهبود کیفیت خاک امری ضروری است. مشخصه‌های خاک زیر هر دو گونهٔ درختی کهور ایرانی و آمریکایی به‌مراتب بیشتر از بیرون تاج آن‌ها بوده است. گونهٔ درختی کهور ایرانی در راستای بهبود کیفیت خاک نسبت به کهور آمریکایی عملکرد بهتری داشته است این در حالی است که کهور آمریکایی نیز اثرات مثبتی بر افزایش برخی از مشخصه-های شیمیایی و زیستی خاک به‌جا گذاشته است. کهور ایرانی با دارا بودن pH نزدیک به خنثی و فعالیت‌های آنزیمی بالاتر نسبت به گونهٔ کهور آمریکایی، مقادیر عناصر غذایی خاک را بهبود می‌بخشد. بر مبنای تحلیل شاخص کیفیت خاک می‌توان نتیجه گرفت که کیفیت خاک در زیر تاج پوشش کهور ایرانی بیشتر بوده است و گزینهٔ مناسب‌تری برای توسعهٔ جنگلکاری در استان سیستان و بلوچستان است، این در حالی‌است که کهور آمریکایی نیز دارای کیفیت خاک بالاتری نسبت به مناطق بدون پوشش بوده است.

۶. منابع

[1] Alizadeh, T., Matinizadeh, M., Habashi, H., & Sadeghi, S.M. (2022). Comparison of soil biological properties and carbon storage of *Prosopis cineraria* and *Prosopis juliflora* (Case study: Assaluyeh). *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 29 (1): 89-105.

[2] Garbeva, P., Postma, J., Van Veen, J.A., & Van Elsas, J.D. (2006). Effect of above ground plant species on soil microbial community structure and its impact on suppression of *Rhizoctonia solani* AG3. *Environmental Microbiology*, 8(2): 233-246.

[3] Gour, V.S., & Datta, M. (2015). Soil Carbon Sequestration through Desert Date Based Forestry in Arid and Salt Affected Regions. *National Academy Science Letters*, 38: 127-128.

[4] Kaur, R., Gonzales, W.L., Llambi, L.D., Soriano, P.J., Callaway, R.M., Rout, M.E., & Gallaher, T.J. (2012). Community impacts of *Prosopis juliflora* invasion: biogeographic and congeneric comparisons. *PloS one*, 7: 44966.

[5] El-Keblawy, A., & Al-Rawai, A. (2007). Impacts of the invasive exotic *Prosopis juliflora* (Sw.) DC on the native flora and soils of the UAE. *Plant Ecology*, 190: 23-35.

[6] Nadjafi–Tireh–Shabankareh, 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.

[7] Heydari, M., Eslaminejad, P., Kakhki, F.V., Mirab-balou, M., Omidipour, R., Prévosto, B., Kooch, Y., and Lucas-Borja, M.E. (2020). Soil quality and mesofauna diversity relationship are modulated by woody species and seasonality in semiarid oak forest. *Forest Ecology and Management*, 473: 118332.

[8] Mathieu, Y., Gelhaye, E., Dumarçay, S., Gérardin, P., Harvengt, L., & Buée, M. (2013). Selection and validation of enzymatic activities as functional markers in wood biotechnology and fungal ecology. *Journal of Microbiological Methods*, 92(2): 157-163.

[9] Šnajdr, J., Dobiášová, P., Urbanová, M., Petránková, M., Cajthaml, T., Frouz, J., & Baldrian, P. (2013). Dominant trees affect microbial community composition and activity in post-mining afforested soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 56: 105-115.

[10] Bayranvand, M., Akbarinia, M., Salehi Jouzani, Gh., & Gharechahi, J. (2021). Evaluation of fungal and enzymatic activities in relation to soil quality along altitudinal gradient in Hyrcanian forests (Case study: Vaz watershed - Mazandaran province). *Forest and Wood Products*, 74 (2): 183-195.

[11] 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.

[12] Schinner, F., Ohlinger, R., Kandeler, E. and Margesin, R. (1996). Methods in soil biology. Springer-Verlage Berline Hidelberg, 418 p.

[13] Gmbh, E.U., Stuttgart, B.B., & Maikornes, P. (1993). "Eine Modifizierte Methode Zur Erfassung Der Dehydrogenaseaktivität (TTC-Reduction) Im Boden Nach" 45 (9): 180–85.

[14] Alef, K., & Nannipieri, D. (1995). Urease activity. PP. 316-318. In: K. Alef and P. Nannipieri (Eds), *Methods of applied Soil Microbiology and Biochemistry*. Academic Press, New York.

[15] Bijani, A., Moslehi, M., & Parvaresh, H. (2020). Effects of *Prosopis cineraria* (L.) Druce and *Prosopis juliflora* (SW.) DC on some chemical characteristics of soil. *Iranian Journal of Forest*, 12(1):101-111.

[16] Langenbruch, C., Helfrich, M., & Flessa, H. (2012). Effects of beech (*Fagus sylvatica*), ash (*Fraxinus excelsior*) and lime (Tilia spec.) on soil chemical properties in a mixed deciduous forest. *Plant and Soil*, 352: 389-403.

[17] Kahi, C.H., Ngugi, R.K., Mureithi, S.M., & Ngethe, J.C. (2009). The canopy effects of *Prosopis juliflora* and *Acacia tortilis* trees on herbaceous plants species and soil physicochemical properties in Njemps Flats, Kenya. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(3): 441-449.

[18] Bayranvand, M., Kooch, Y., & Bahmani, M. (2019). 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): 92-101.

[19] Li, H.J., Yan, J.X., Yue, X.F., & Wang, M.B. (2008). Significance of soil temperature and moisture for soil respiration in a Chinese mountain area. *Agricultural and Forest Meteorology*, 148(3): 490-503.

[20] Burton, J., Chen, C., Xu, Z., & Ghadiri, H. (2010). Soil microbial biomass, activity and community composition in adjacent native and plantation forests of subtropical Australia. *Journal of Soils and Sediments*, 10: 1267-1277.

[21] Bayranvand, M., Akbarinia, M., Jouzani, G.S., Gharechahi, J., & Baldrian, P. (2021). Distribution of soil extracellular enzymatic, microbial, and biological functions in the C and N-cycle pathways along a forest altitudinal gradient. *Frontiers in Microbiology*, 12(660603): 1-12.

[22] Asadiyan, M., Hojjati, S.M., Pourmajidian, M.R., and Asghar, F. (2013). Impact of Different Land-use/Land Cover Types on Soil Quality in Alandan Forest, Sari. *Physical Geography Research Quarterly*, 45(3): 65-76.