

## Comparison of soil biological properties and carbon storage of *Prosopis cineraria* and *Prosopis juliflora* (Case study: Assaluyeh)

Tahere Alizadeh<sup>1</sup> | Mohammad Matinizadeh<sup>\*2</sup> | Hashem Habashi<sup>3</sup> |  
Seyed Mousa Sadeghi<sup>4</sup>

1. Ph.D. Student of Biology Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: [talizadeh@rifr-ac.ir](mailto:talizadeh@rifr-ac.ir)
2. Corresponding Author, Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. E-mail: [matini@rifr-ac.ir](mailto:matini@rifr-ac.ir)
3. Associate Prof., Dept. of Forestry and Forest Ecology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: [habashi@gau.ac.ir](mailto:habashi@gau.ac.ir)
4. Assistant Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. E-mail: [mosavi@rifr-ac.ir](mailto:mosavi@rifr-ac.ir)

### Article Info

**Article type:**  
Full Length Research Paper

**Article history:**  
Received: 02.13.2022  
Revised: 05.12.2022  
Accepted: 05.20.2022

**Keywords:**  
Microbial biomass carbon,  
Nitrification potential,  
Organic carbon storage,  
Soil microbial respiration

### ABSTRACT

**Background and Objectives:** In arid and semi-arid ecosystems, the relationship between tree species and habitat is fragile due to environmental stresses. Native species of *Prosopis cineraria* and non-native *Prosopis juliflora* are among the species that, in addition to water-soil-plant relationships, affect the life of other animal and plant species in these areas. In these areas, the role of native trees in carbon storage and change in soil properties is essential. Soil plays an essential role in the carbon cycle. It is an important source of carbon storage. Tree species can change soil properties and organic carbon storage due to tolerating complex environmental conditions such as high temperatures and radiation. Soil biological properties are a good indicator for measuring soil quality, and by examining them, appropriate information about respiration, nutrient cycle, microbial biomass, and mineral nitrogen mineralization capacity is obtained. *Prosopis cineraria* is one of the most important native species in the Sahara-Sindhi area, which has a good ability to establish, adapt, and improve soil properties. The non-native species of (*Prosopis juliflora* (SW) DC) is widely planted with fast growth and prevention of fine dust as a fodder tree. Trees in these areas can have various effects on the soil under their canopy in various ways and strongly affect the richness of soil microorganisms. Due to the importance of both species in this habitat, a comparison of changes in soil biological properties and organic carbon storage under and outside the canopy of *Prosopis cineraria* and *Prosopis juliflora* bases was performed in Assaluyeh in Bushehr province.

**Materials and Methods:** To measure basic and induce respiration, microbial biomass carbon, and nitrification potential, 24 soil samples were collected from 0-30 cm depth randomly from under and outside the canopy of both species. To calculate the soil organic carbon storage, sampling was done using the cylinder in a 1×1 m<sup>2</sup> plot from a depth of 0-10 cm of soil to obtain the bulk density and organic carbon. In addition, for measuring organic carbon storage in litter and grass cover in the same sample plot, litter and grass cover were collected, and their weight was recorded. Finally, 120 samples were taken in two locations under and outside the canopy of both species.

---

**Results:** The results of the analysis of fragmented plots showed that the effect of species as the main factor on basic ( $P < 0.05$ ) and induce ( $P < 0.01$ ) respiration was significant, and it was in *Prosopis cineraria* 2.73 and 22.47 mg CO<sub>2</sub> in day and hour and in *Prosopis juliflora* 0.9 and 15.57 mg CO<sub>2</sub> in day and hour, respectively was higher in *Prosopis cineraria* than *Prosopis juliflora* and had no significant effect on microbial biomass carbon and nitrification potential. The effect of sampling location was significant for all studied variables, especially under the canopy was greater than outside the canopy.

**Conclusion:** Concerning the positive effect of *Prosopis cineraria* species on basic and inducing soil respiration, preservation and revitalization of this valuable native species are vital. In addition, the negative effect of non-native species of *Prosopis juliflora* on basic and induce soil respiration can reduce microbial activity and upset the balance of the nutrient cycle, especially carbon. Therefore, it is recommended to use native species for improvement and quality of soil in natural forests, afforestation, and restoration of ecosystems and the entry of non-native species avoid into the natural forest. In addition, *Prosopis juliflora* species is better cultivated because of its high resistance in de- desertification areas and for quicksand stabilization.

---

Cite this article: Alizadeh, Tahere, Matinizadeh, Mohammad, Habashi, Hashem, Sadeghi, Seyed Mousa. 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.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/JWFST.2022.19948.1962

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

---

## مقایسه ویژگی‌های زیستی خاک و ذخیره کربن آلی کهور ایرانی و سمر (مطالعه موردی: عسلویه)

طاهره علی‌زاده<sup>۱</sup> | محمد متینی‌زاده\*<sup>۲</sup> | هاشم حبشی<sup>۳</sup> | سید موسی صادقی<sup>۴</sup>

۱. دانشجوی دکتری علوم زیستی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: [talizadeh@rifr-ac.ir](mailto:talizadeh@rifr-ac.ir)
۲. نویسنده مسئول، دانشیار مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. رایانامه: [matini@rifr-ac.ir](mailto:matini@rifr-ac.ir)
۳. دانشیار گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: [habashi@gau.ac.ir](mailto:habashi@gau.ac.ir)
۴. استادیار مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. رایانامه: [mosavi@rifr-ac.ir](mailto:mosavi@rifr-ac.ir)

اطلاعات مقاله	چکیده
<p>نوع مقاله: مقاله کامل علمی - پژوهشی</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۲۴ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۰۲/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۳۰</p> <p>واژه‌های کلیدی: پتانسیل نیتروفیکاسیون، تنفس میکروبی خاک، ذخیره کربن آلی، کربن زیست‌توده میکروبی</p>	<p><b>سابقه و هدف:</b> در اکوسیستم‌های خشک و نیمه‌خشک، ارتباط گونه‌های درختی با رویشگاه به دلیل وجود تنش‌های محیطی شکننده است. گونه بومی کهور ایرانی و غیربومی سمر از جمله گونه‌هایی هستند که علاوه بر روابط آب-خاک-گیاه، زندگی سایر گونه‌های جانوری و گیاهی این مناطق را تحت تأثیر قرار می‌دهند. در این مناطق نقش درختان بومی در ذخیره کربن و تغییر ویژگی‌های خاک دارای اهمیت است. خاک نقش مهمی در چرخه کربن دارد و منبع مهمی برای ذخیره کربن است و گونه‌های درختی می‌توانند به دلیل تحمل شرایط سخت محیطی مانند درجه حرارت بالا و تشعشع، تغییراتی را در ویژگی‌های خاک و ذخیره کربن آلی ایجاد کنند. ویژگی‌های زیستی خاک شاخص مناسبی برای سنجش کیفیت خاک هستند و با بررسی آن‌ها اطلاعات مناسبی از تنفس، چرخه غذایی، زیست‌توده میکروبی و ظرفیت معدنی‌کردن نیتروژن خاک به دست می‌آید. کهور ایرانی (<i>Prosopis cineraria</i> (L.) Druce) یکی از گونه‌های مهم بومی و با ارزش ناحیه رویشی صحارا-سندی است که از قابلیت استقرار و سازگاری خوبی برخوردار است و باعث بهبود ویژگی‌های خاک می‌شود. گونه غیربومی سمر (<i>Prosopis juliflora</i> (SW.) DC) به صورت گسترده و با رشد سریع و جلوگیری از ریزگردها به عنوان درخت علوفه کاشته می‌شود. درختان این نواحی رویشی می‌توانند بر خاک زیر تاج خود به روش‌های مختلف دامنه‌ای از پیامدهای متفاوت داشته باشند و تأثیر حیاتی در غنای میکروارگانیسم‌های خاک دارند. با توجه به اهمیت هر دو گونه در این ناحیه رویشی مقایسه تغییرات ویژگی‌های زیستی خاک و ذخیره کربن آلی در زیر و بیرون تاج پایه‌های کهور ایرانی و سمر در شهرستان عسلویه در استان بوشهر انجام شد.</p>

**مواد و روش‌ها:** برای سنجش تنفس پایه و برانگیخته، کربن زیست‌توده میکروبی و پتانسیل نیتریفیکاسیون ۲۴ نمونه خاک از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر به روش تصادفی از زیر و بیرون تاج هر دو گونه جمع‌آوری شد. برای محاسبه ذخیره کربن آلی خاک در قطعه‌نمونه‌های ۱×۱ مترمربع به کمک سیلندر از عمق ۰-۱۰ سانتی‌متر خاک برای به دست آوردن جرم مخصوص ظاهری و کربن آلی نمونه‌برداری انجام شد. همچنین برای اندازه‌گیری ذخیره کربن آلی در لاشبرگ و پوشش علفی در همان قطعه‌نمونه، لاشبرگ و پوشش علفی جمع‌آوری شدند و وزن آن‌ها یادداشت شد. در نهایت ۱۲۰ نمونه برای هر دو گونه در زیر و بیرون تاج جمع‌آوری شد.

**یافته‌ها:** نتایج تحلیل کورت‌های خردشده نشان داد تأثیر گونه به‌عنوان عامل اصلی بر تنفس پایه ( $P < 0/05$ ) و برانگیخته ( $P < 0/01$ ) معنی‌دار است و به ترتیب در کهور ایرانی ۲/۷۳ و ۲۲/۴۷ میلی‌گرم  $CO_2$  در روز و ساعت و در سمر ۰/۹ و ۱۵/۵۷ میلی‌گرم  $CO_2$  در روز و ساعت بود و در کربن زیست‌توده میکروبی و پتانسیل نیتریفیکاسیون اثر معنی‌دار نداشت. تأثیر موقعیت نمونه‌برداری برای تمام متغیرهای بررسی‌شده معنی‌دار و در زیر تاج بیش‌تر از بیرون تاج بود.

**نتیجه‌گیری:** با توجه به تأثیر مثبت گونه کهور ایرانی در تنفس پایه و برانگیخته خاک، حفظ و احیاء این گونه بومی با ارزش بسیار حیاتی است و اثر منفی گونه غیربومی سمر بر تنفس پایه و برانگیخته خاک می‌تواند موجب کاهش فعالیت میکروبی و برهم خوردن تعادل چرخه عناصر غذایی و به‌خصوص کربن شود؛ بنابراین توصیه می‌شود جهت حفظ بهبود و کیفیت خاک در جنگل‌های طبیعی، جنگل‌کاری و احیاء اکوسیستم‌های بومی، استفاده از گونه‌های بومی در اولویت قرار گیرد و از ورود گونه‌های غیربومی به جنگل طبیعی اجتناب شود. همچنین گونه سمر به دلیل مقاومت زیاد، بهتر است در عرصه‌های بیابان‌زدایی و برای تثبیت شن‌های روان کشت شود.

**استناد:** علی‌زاده، طاهره، متینی‌زاده، محمد، حبشی، هاشم، صادقی، سید موسی (۱۴۰۱). مقایسه ویژگی‌های زیستی خاک و ذخیره کربن آلی کهور ایرانی و سمر (مطالعه موردی: عسلویه). *نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل*، ۲۹ (۱)، ۸۹-۱۰۵.

DOI: 10.22069/JWFST.2022.19948.1962



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

## مقدمه

از آن‌جا که پایداری طولانی‌مدت اکوسیستم‌های جنگلی وابسته به حفظ کیفیت خاک است، آگاهی از وضعیت خاک‌های مناطق جنگلی و بررسی آثار فعالیت‌های مختلف صورت‌گرفته بر ویژگی‌های خاک بسیار مهم و در مدیریت آن‌ها مؤثر است (۲۵). خاک به‌عنوان بخش مهمی از اکوسیستم است و نقش مهمی در توسعه گونه‌های جنگلی و در نتیجه افزایش کیفیت رویشگاه دارد (۲۲). ارتباط متقابل بین خاک و درختان یک منطقه مشخص اقلیمی به‌قدری نزدیک به هم و پیوند تنگاتنگ دارد که نمی‌توان یکی را بدون دیگری مطالعه و بررسی نمود (۲). کشور ایرانی و سمر از معدود درختانی هستند که در مناطق بیابانی به‌خوبی رشد می‌کنند (۱۶) و در اکوسیستم حساس گرمسیری و خشک جنوب ایران به‌وفور یافت می‌شوند. با توجه به شکننده بودن اکوسیستم‌های نواحی گرمسیری و بیابانی، گونه‌های غیربومی مانند سمر می‌تواند اهمیت اساسی در تغییرات شرایط رویشگاهی از جمله خاک منطقه داشته باشد. گونه سمر در یک اکوسیستم خشک و نیمه‌خشک می‌تواند در زیر تاج خود شرایط محیطی را تغییر دهد (۵۰ و ۶) و احتمالاً اثراتی را برای رشد دیگر گونه‌های موجود به وجود بیاورد (۳۵). این اثرات متناسب با اندازه تاج است و سبب تغییر در ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک می‌گردد (۳۷) و بیش‌تر در اکوسیستم‌های خشک و نیمه‌خشک مشاهده می‌شود. رشد درختان و توسعه تاج به‌طورمعمول منجر به افزایش دوره انباشت مواد غذایی و بهبود شرایط خاک زیر تاج می‌شود (۳۲) و غلظت مواد غذایی و عناصر در اکوسیستم خشک و نیمه‌خشک در زیر تاج بیش‌تر از بیرون تاج است. شناسایی عناصر تشکیل‌دهنده جنگل، از جمله تاج پوشش و نقش آن در حفظ و بقای جنگل، اصولی‌ترین راه مدیریت بهینه جنگل‌ها

است، زیرا مواد غذایی و فعالیت‌های میکروارگانیسم‌های خاک به‌ویژه در اکوسیستم‌های خشک و نیمه‌خشک در زیر تاج پوشش‌ها تجمع یافته‌اند (۲۹). پایداری این جنگل‌ها مستلزم حفظ عناصر غذایی در خاک است و شناخت ویژگی‌های خاک می‌تواند یکی از پایه‌های مدیریت اصولی این اکوسیستم‌ها باشد و اثرات گونه‌های درختی می‌تواند سبب تغییر در ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک شود (۵۴).

با توجه به حساسیت زیاد ویژگی‌های زیستی خاک به تغییرات محیطی، سنجش آن‌ها به‌طورمعمول برای تغییرات ایجادشده در خاک توصیه می‌شود. تنفس میکروبی یا معدنی‌شدن کربن آلی، فرآیندی است که در طی آن مواد آلی خاک توسط میکروارگانیسم‌ها اکسید و سبب آزاد شدن دی‌اکسید کربن از خاک می‌شود (۸). تنفس میکروبی خاک نقش مهمی در تجزیه مواد آلی گیاهی و همچنین بقایای افزوده‌شده به سطح خاک دارد و پژوهش درباره آن اطلاعات مفیدی در مورد کیفیت خاک، به‌ویژه مواد آلی خاک در اختیار قرار می‌دهد (۲۳). تنفس خاک (که به آن تنفس پایه هم گفته می‌شود) نشان‌دهنده فعالیت‌های زیستی خاک است (۱۳). تنفس برانگیخته (ناشی از سوبسترا) شاخص بسیار مهمی از جمعیت فعال میکروبی خاک است (۴۸). کربن زیست‌توده میکروبی در خاک‌ها یکی از منابع قابل‌دسترس برای عناصر غذایی گیاهان و عاملی برای انتقال و چرخه کربن و عناصر غذایی است. برای ارزیابی وضعیت نیتروژن در خاک از پتانسیل نیتریفیکاسیون، توانایی تبدیل یون آمونیوم به نترات در شرایط هوازی، استفاده می‌شود. تبدیل آمونیوم به نترات، موجب افزایش تحرک نیتروژن در خاک و در نتیجه افزایش قابلیت دسترسی این عنصر برای گیاهان می‌شود (۱۵)؛ بنابراین بررسی این فرآیند میکروبی می‌تواند اطلاعات

همبستگی مثبت کمیت لاشبرگ با تنفس خاک، مقدار آن را در گونه بومی *Ficus religiosa* نسبت به گونه غیربومی افزایش داد. آن‌ها حداکثر مقدار تنفس خاک در زیر تاج گونه‌های بومی نسبت به گونه‌های غیربومی را نشان‌دهنده اهمیت آن‌ها در عملکردهای حیاتی اکوسیستم‌های جنگلی و در نتیجه مدیریت دانستند (۴۱). مرادی و همکاران (۲۰۱۷) در استان خوزستان به جنگل‌کاری با سمر و اثر تاج پوشش متفاوت و ذخیره کربن خاک پرداختند و افزایش جزئی در ذخیره کربن خاک با تاج پوشش بالاتر را نشان دادند (۳۴). یافته‌های کار و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که هر دو گونه کهور ایرانی و سمر جزایر منابع (با سطوح بالاتری مواد آلی و مواد غذایی ماکرو را در خاک‌های زیر تاج خود ایجاد کنند) را با تجمع نیتروژن کل و کربن آلی در خاک ریزوسفر خود تشکیل می‌دهند (۲۶). بازگیر و مقصودی (۲۰۱۹) طی مطالعه‌ای نشان دادند بین ویژگی‌های زیستی خاک در زیر تاج پوشش درختچه‌های گز و بیرون تاج اختلاف معنی‌داری وجود دارد. کربن زیست‌توده میکروبی (۶۵۴ میلی‌گرم کربن بر کیلوگرم) و نیتروژن زیست‌توده میکروبی (۷۹ میلی‌گرم نیتروژن بر کیلوگرم) در زیر تاج درختچه گز نسبت به بیرون تاج پوشش به‌طور معنی‌داری بیش‌تر بودند (۷). با توجه به اهمیت ویژگی‌های زیستی خاک و نقش مهم ذخیره کربن آلی پژوهش حاضر برای اولین بار به مطالعه و مقایسه آن‌ها در زیر و بیرون تاج درختان کهور ایرانی و سمر پرداخت تا بتواند به دو فرضیه زیر بپردازد:

- ۱- تنفس پایه و برانگیخته خاک گونه کهور ایرانی با گونه سمر متفاوت است. ۲- ذخیره کربن آلی در خاک و لاشبرگ و پوشش علفی گونه کهور ایرانی با گونه سمر متفاوت است تا با استفاده از یافته‌های پژوهش موردنظر اطلاعات جامع‌تر و تکمیلی را در اختیار مدیران و متصدیان منابع طبیعی قرار دهد تا قضاوت بهتر و صحیح‌تری برای انتخاب صحیح گونه

سودمندی درباره وضعیت کیفی خاک در رویشگاه‌های خشک و شکننده مانند عسلویه قرار دهد. کربن در بخش‌های مختلف اکوسیستم‌های جنگلی می‌تواند ذخیره شود که مهم‌ترین آن‌ها خاک می‌باشد (۳)؛ به‌طوری‌که افزایش ذخیره جهانی کربن در خاک یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش دی‌اکسید کربن اتمسفری است و حدود ۷۵ درصد ذخیره کربن خشکی را دربرمی‌گیرد (۴) و خاک‌های مناطق جنگلی ۴۰ درصد از این مقدار را می‌توانند ذخیره کنند (۵). فاصله درختان، درصد تاج پوشش، دما و رطوبت ویژگی‌های مختلف خاک را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد و به همین دلیل سرعت تجزیه و ذخایر کربن در خاک را تغییر می‌دهد (۳۸). بسیاری از پروژه‌های اصلاحی مانند جنگل‌کاری، از طریق افزایش ذخیره کربن نقش عمده‌ای در حفظ توازن چرخه جهانی کربن ایفا می‌کنند. علی‌رغم این واقعیت که جنگل‌کاری تپه‌های شنی می‌تواند منجر به ذخیره شدن کربن اکوسیستم شود (۱۹)، اما همه گونه‌های گیاهی نمی‌توانند در چنین محیط سختی زنده بمانند (۳۱). گونه سمر به‌عنوان گونه‌ای با عملکرد خوب در مناطق خشک و نیمه‌خشک برای جنگل‌کاری شناخته شده است (۴۶) و این گونه در چندین نقطه ایران کاشته شده است.

در مطالعه‌ای مورگان و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند که حذف گونه سمر در منطقه منجر به کاهش ذخیره کربن آلی خاک و نیتروژن کل و تقویت تنفس میکروبی می‌شود (۳۶). طی پژوهشی مهدی و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند سمر منجر به برانگیخته شدن فعالیت کربن زیست‌توده میکروبی و آنزیم‌ها می‌شود و علت آن را مقاوم بودن و سرعت زیاد رشد سمر دانستند که باعث تسریع در تجزیه مواد آلی خاک می‌شود (۳۳). در مطالعه‌ای پراساد و بایشیا (۲۰۱۹) کیفیت و کمیت لاشبرگ را بر تنفس خاک نشان دادند و بیان کردند که نسبت C/N پایین و

میکروارگانیزم‌ها) منتقل شدند (۴۵). هم‌چنین برای سنجش ذخیره کربن آلی در خاک به روش پیرسون و همکاران (۲۰۰۷) در قطعه‌نمونه ۱×۱ مترمربع در زیر و بیرون تاج نمونه‌های سیلندر با ابعاد ۵×۵ سانتی‌متر از عمق ۱۰-۰ سانتی‌متر برای اندازه‌گیری جرم مخصوص ظاهری خاک و نمونه‌های خاک برای اندازه‌گیری کربن آلی با استفاده از روش والکلی- بلاک برداشت شد و ذخیره کربن آلی خاک برحسب گرم در مترمربع و با استفاده از رابطه ۱ به دست آمد (۴۰).

$$SOC=10000 \times OC \times Bd \times D \quad (1)$$

که در آن، SOC ذخیره کربن آلی خاک (گرم در مترمربع)، OC کربن آلی خاک (درصد)، Bd جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌مترمکعب خاک)، D عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر).

برای سنجش ذخیره کربن در لاشبرگ و پوشش علفی به روش سویدی و همکاران (۲۰۱۰) در همان قطعه‌نمونه لاشبرگ و پوشش علفی جمع‌آوری شدند. بدین‌ترتیب که لاشبرگ‌های ریخته شده و پوشش علفی موجود در آن قطعه‌نمونه را جمع‌آوری و در چند کیسه نایلون به‌طور جداگانه قرار گرفتند. درنهایت برای هر گونه ۶۰ نمونه و در مجموع ۱۲۰ نمونه به‌دست آمد. در روز نمونه‌برداری وزن تازه آن‌ها یادداشت شد و پس از انتقال در آزمایشگاه وزن مرطوب آن‌ها یادداشت شد و دو روز در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا به وزن ثابت رسیده و سپس وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد و با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد (۴۸).

$$LHG = \frac{W_{field}}{A} \times \frac{W_{subsample,dry}}{W_{subsample,wet}} \times \frac{1}{10000} \quad (2)$$

$$C(LHG) = LHG \times 0.47$$

در عملیات احیاء و بازسازی عرصه‌های منابع طبیعی جنوب کشور اتخاذ کنند.

### مواد و روش‌ها

**منطقه مورد مطالعه:** این پژوهش در شهرستان عسلویه واقع در استان بوشهر با عرض جغرافیایی ۲۷ درجه و ۴۹ دقیقه و ۹۴ ثانیه و طول جغرافیایی ۵۲ درجه ۶۲ دقیقه و ۱۹ ثانیه انجام شد. ارتفاع از سطح دریا ۱۸ متر، میانگین بارش سالانه ۱۸۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۲۵ درجه سانتی‌گراد است. شیب عمومی منطقه کم‌تر از ۳ درصد و جهت جغرافیایی آن شمالی- جنوبی است. بافت خاک منطقه لومی شنی و pH قلیایی دارد. منطقه نمونه‌برداری توده‌ای آمیخته به وسعت ۱۵ هکتار و رویشگاه طبیعی کهور ایرانی و سمر است که درختان سمر در اثر رویش بذرها منتقل شده توسط دام و زادآوری طبیعی به وجود آمده‌اند. در برخی نقاط به تعداد بسیار کمی پایه‌هایی از گز، آکاسیا و اسکنبیل وجود دارد (۴۴).

**روش پژوهش:** پس از جنگل‌گردشی، از هر دو گونه کهور ایرانی و سمر ۳۰ پایه تقریباً هم‌سن به‌صورت تصادفی انتخاب شد. برای بررسی ویژگی‌های زیستی، نمونه‌برداری از خاک در اوایل فصل بهار در زیر تاج (نزدیک لبه انتهایی تاج، تقریباً نیم متر فاصله) و بیرون تاج (به اندازه نصف قطر تاج پوشش به بیرون و طوری که تاج درخت دیگری در آن وجود نداشته باشد) در جهت شمال درخت از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر برای تمام پایه‌های انتخاب‌شده انجام و نمونه‌های خاک در شش گروه پنج‌تایی به‌صورت تصادفی ترکیب شدند. درنهایت برای هر گونه ۱۲ نمونه ترکیبی و در مجموع ۲۴ نمونه به‌دست آمد. برای سنجش ویژگی‌های زیستی، نمونه‌ها بلافاصله پس از برداشت و گذراندن از الک دو میلی‌متری در شرایط سرد (داخل یخدان) قرار گرفتند و بعد به یخ‌زن با دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد (برای ثابت ماندن فعالیت

هیدروکلراید)، میزان جذب در ۵۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (۴۵).

**روش تحلیل:** تجزیه و تحلیل داده‌ها به صورت آزمایش کرت‌های خردشده با عامل اصلی (گونه)، عامل فرعی موقعیت نمونه‌برداری (زیر و بیرون تاج پوشش) با شش تکرار و در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. بررسی توزیع نرمال باقی‌مانده‌های مدل با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنوف (تصحیح شده لی‌لی فورس) انجام شد. در متغیرهایی که اثر معنی‌دار عوامل مورد مطالعه و برهمکنش آن‌ها بر متغیرها، به وسیله آزمون تجزیه واریانس اثبات شد، برای مقایسه میانگین از روش برش‌دهی و با استفاده از مقایسه‌های دوگانه (Independent Samples T-Test) در سطح اعتماد ۹۵ درصد انجام و با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ تجزیه و تحلیل شد.

### نتایج و بحث

تجزیه واریانس اثر عوامل اصلی و فرعی و متقابل تحت بررسی بر تنفس پایه خاک در زیر و بیرون تاج کهور ایرانی و سمر نشان داد که اثر گونه و موقعیت نمونه‌برداری و اثر متقابل گونه در موقعیت نمونه‌برداری بر مقدار تنفس پایه خاک تفاوت معنی‌دار داشت (جدول ۱). مقدار میانگین تنفس پایه خاک در گونه کهور ایرانی ۲/۷۳ و در گونه سمر ۰/۹ میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در هر گرم خاک خشک در روز (شکل ۱، الف)، در زیر تاج ۲/۵۶ و بیرون تاج ۱/۰۷ میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در هر گرم خاک خشک در روز (شکل ۱، ب) و در اثر متقابل گونه در موقعیت نمونه‌برداری در گونه کهور ایرانی زیر تاج ۴/۱۴ و بیرون تاج ۱/۳۲ میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در هر گرم خاک خشک در روز و در گونه سمر زیر تاج ۰/۹۹ و بیرون تاج ۰/۸۱ میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در هر گرم خاک خشک در روز متغیر بود (شکل ۱، ج).

که در آن، LHG زیست‌توده برگ‌های افتاده، علف‌ها و گیاهان خشک (تن در هکتار)، Wfield وزن نمونه‌های تازه میدانی (گرم) شامل برگ‌های افتاده، علف‌ها و گیاهان خشک از منطقه A (هکتار)، Wsubsample,dry وزن خشک‌شده در آن (گرم) شامل برگ‌های افتاده، علف‌ها و گیاهان انتقال‌یافته به آزمایشگاه، Wsubsample,wet وزن تر برگ‌های افتاده، علف‌ها و گیاهان انتقال‌یافته به آزمایشگاه (گرم)، C(LHG) ذخیره کربن آلی در لاشبرگ و پوشش علفی (تن در هکتار)، ۰/۴۷ کسر کربن پیش‌فرض آی‌پی‌پی‌سی (۲۰۰۶).

**ویژگی‌های زیستی خاک:** تنفس پایه و برانگیخته به ترتیب با استفاده از روش ظروف در بسته برحسب میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در روز و ساعت (۴۵)؛ ۲۰ گرم خاک مرطوب به همراه هیدروکسید سدیم در ظرف در بسته به مدت ۲۴ و ۴ ساعت در دمای ۲۵ و ۲۲ درجه سانتی‌گراد انکوباسیون شدند و پس از تکمیل مراحل استخراج با اسیدکلریدریک ۰/۱ مولار تیترا شدند. کربن زیست‌توده به روش تدخین-استخراج (گازدهی با کلروفرم) برحسب میلی‌گرم کربن زیست‌توده در صد گرم خاک خشک به طوری که در ۲۵ گرم خاک مرطوب به مدت ۲۴ ساعت با گاز کلروفرم تدخین و نمونه‌های کنترل در دمای محیط قرار گرفتند و پس از تکمیل مراحل استخراج با فرسولفات آمونیوم تیترا شدند (۴۵)، پتانسیل نیتریفیکاسیون به روش انکوباسیون که بر مبنای اثر بازدارنده کلرات سدیم روی نیروباکتر طراحی شده است و برحسب میکروگرم نیتروژن نیتروژن نیتروژن آزادشده در هر گرم خاک خشک در پنج ساعت به طوری که در ۵ گرم از خاک مرطوب و با سوبسترای سولفات آمونیوم و در ۲۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. نمونه‌های کنترل در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. پس از گذشت ۵ ساعت و اضافه کردن معرف رنگی (حاوی سولفانیل‌امید و آلفا-نفتیل اتیلن دی‌آمین



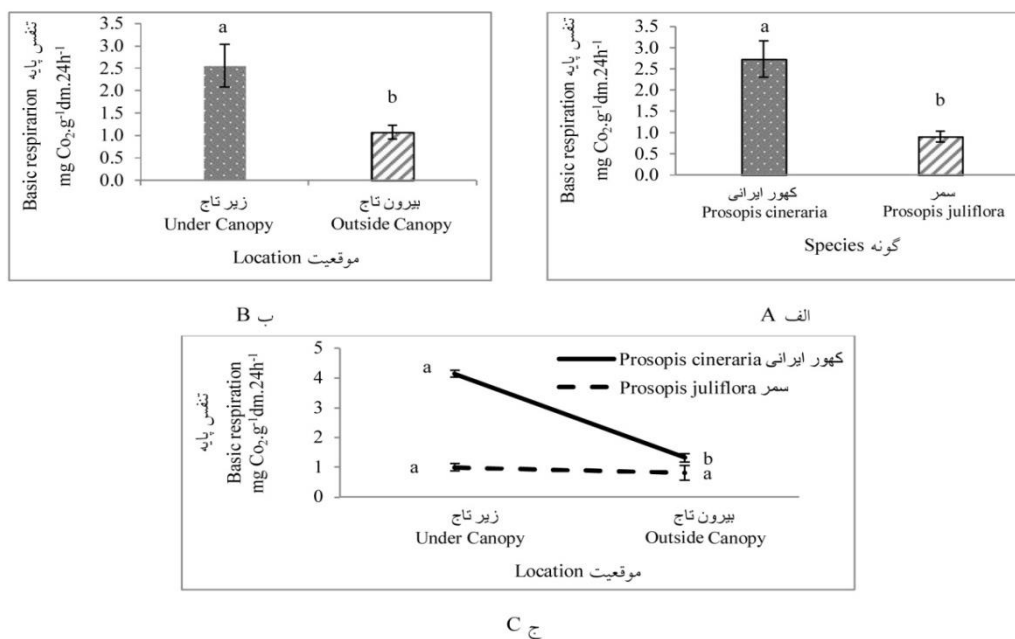
جدول ۱- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس ویژگی‌های زیستی خاک و ذخیره کربن آلی در زیر و بیرون تاج دو گونه کهور ایرانی و سمر.

**Table 1. Mean squares obtained from analysis of variance of soil biological properties and organic carbon storage under and outside the canopy of two species of *Prosopis cineraria* and *Prosopis juliflora*.**

ذخیره کربن آلی در لاشبرگ و پوشش علفی Organic carbon storage in litter and grass cover	ذخیره کربن آلی در خاک Soil organic carbon storage	پتانسیل نیتریفیکاسیون Nitrification potential	کربن زیست‌توده میکروبی Microbial biomass carbon	تنفس برانگیخته Induce respiration	تنفس پایه Basic respiration	درجه آزادی Degree of freedom	منابع تغییر Sources Change
2658.826 <sup>ns</sup>	0.020 <sup>ns</sup>	45.899 <sup>ns</sup>	1.647 <sup>ns</sup>	285.101*	20.070**	1	گونه Species
4371.734	31.439	6819.605	3.073	43.581	0.168	10	خطای عامل اصلی Main factor error
9705.488*	763.033**	37495.787*	22.872*	189.074**	13.433**	1	موقعیت Location
260.108 <sup>ns</sup>	4.935 <sup>ns</sup>	9271.735 <sup>ns</sup>	0.870 <sup>ns</sup>	3.261 <sup>ns</sup>	10.385**	1	گونه × موقعیت Species × Location
1650.309	12.948	5827.292	3.669	15.406	0.169	10	خطا Error
						23	جمع Total

<sup>ns</sup>، \* و \*\* به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

<sup>ns</sup>, \* and \*\* Non-significant and significant at the 5% and 1% probability levels, respectively



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر عامل اصلی گونه (کهور ایرانی و سمر) و عامل فرعی موقعیت نمونه‌برداری (زیر و بیرون تاج) و اثر متقابل گونه در موقعیت نمونه‌برداری بر تنفس پایه خاک. (بارها انحراف معیار هستند).

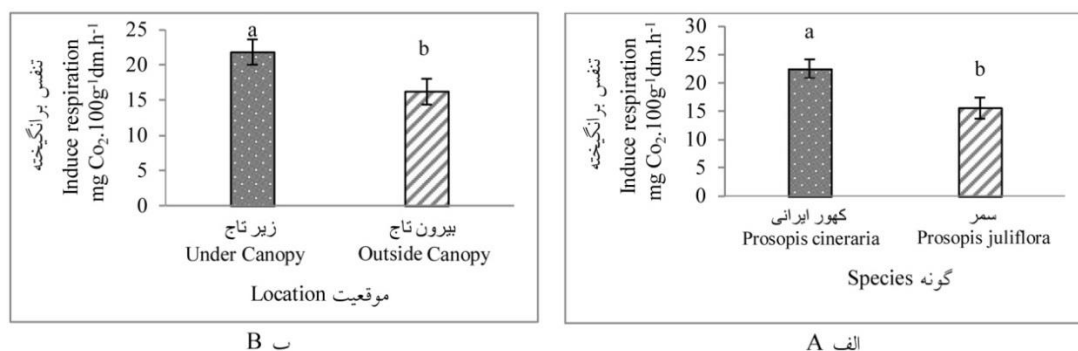
حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها با استفاده از مقایسه دوگانه در سطح اطمینان ۹۵ درصد است.

**Figure 1. Comparison of the mean effect of the main factor of the species (*Prosopis cineraria* and *Prosopis juliflora*) and the secondary factor of the sampling location (under and outside the canopy) and the interaction of the species in the sampling location on soil basic respiration. (Error bars are standard deviations). Identical letters indicate significant difference between the means using Independent Samples T-Test comparison at 95% confidence level.**

همخوانی دارد (۴۱). کار و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که شیرابه برگ سم اثرات منفی بر رشد ریشه سه گونه گیاهی رایج شمال غرب هند نشان داد درحالی‌که شیرابه برگ کهور ایرانی اثرات مثبتی داشت (۲۶)؛ بنابراین یکی دیگر از دلایلی که می‌توان عنوان کرد این است که لاشبرگ کهور ایرانی کیفیت بهتری نسبت به سم دارد (۳۵) و منجر به افزایش تنفس پایه خاک در کهور ایرانی شد. درختان در اکوسیستم‌های جنگلی می‌توانند به‌طور پیوسته برگشت بقایای گیاهی را به خاک افزایش دهند و می‌توانند باعث حفظ یا افزایش مواد آلی خاک شوند (۲۷) که در زیر تاج شرایط بهتری برای تنفس میکروبی خاک نسبت به بیرون تاج وجود دارد.

اثر گونه و موقعیت نمونه‌برداری بر مقدار تنفس برانگیخته خاک تفاوت معنی‌دار داشت (جدول ۱). مقدار میانگین تنفس برانگیخته در گونه کهور ایرانی ۲۲/۴۷ و در گونه سم ۱۵/۵۷ میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در صد گرم خاک خشک در ساعت بود (شکل ۲، الف)، در زیر تاج ۲۱/۸۳ و بیرون تاج ۱۶/۲۱ میلی‌گرم دی‌اکسیدکربن در صد گرم خاک خشک در ساعت متغیر بود (شکل ۲، ب).

تنفس پایه خاک در اثر عامل گونه در موقعیت تفاوت معنی‌دار نشان داد و مقدار آن در گونه کهور ایرانی بیش‌تر از سم و در زیر تاج بیش‌تر از بیرون تاج است. در سطح جهانی، دما و رطوبت خاک به‌عنوان مهم‌ترین پارامترهای غیرزیستی مؤثر بر تنفس خاک و فرآیندهای زیربنایی آن در نظر گرفته شدند (۳۰). با توجه به این‌که تاج کهور ایرانی در مقایسه با سم از وسعت بسیار کم‌تری برخوردار است، بنابراین وجود نور کافی در زیر تاج کهور ایرانی باعث ایجاد شرایط بهتر برای تهویه و فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک می‌شود، درحالی‌که سم تاجی بسیار گسترده و آویزان دارد و مانع از رسیدن نور به زیر تاج می‌شود، بنابراین خاک زیر تاج کاملاً در سایه قرار دارد و حجم زیاد لاشبرگ که در زیر تاج سم مشاهده می‌شود اگرچه نقش اساسی برای حفظ رطوبت دارد، اما احتمالاً تأثیرات مکانیکی و شیمیایی منفی بر فعالیت میکروارگانیسم‌ها در خاک دارد (۱۷). همچنین بر طبق نتایج به‌دست‌آمده در پژوهش‌های قبلی افزایش کربن آلی خاک در گونه بومی کهور ایرانی نسبت به گونه غیربومی سم دلیل دیگری برای افزایش فعالیت میکروبی و افزایش فعالیت تنفس پایه و برانگیخته می‌شود و این مطالعه با نتایج پراساد و بایشیا (۲۰۱۹)



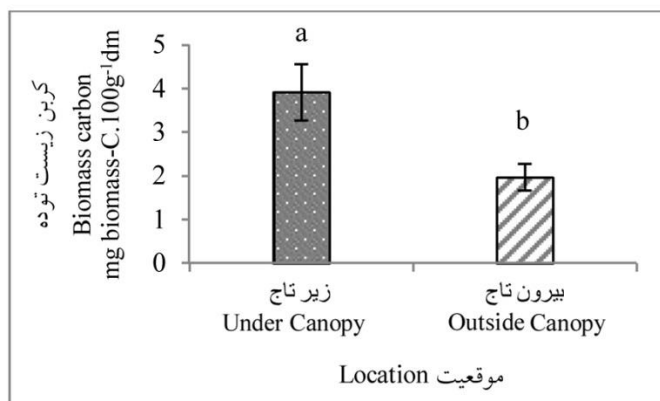
شکل ۲- مقایسه میانگین اثر عامل اصلی گونه (کهور ایرانی و سم) و عامل فرعی موقعیت نمونه‌برداری (زیر و بیرون تاج) بر تنفس برانگیخته خاک (بارها انحراف معیار هستند).

**Figure 2.** Comparison of the mean effect of the main factor of the species (*Prosopis cineraria* and *Prosopis juliflora*) and the secondary factor of the sampling location (under and outside the canopy) on soil induce respiration. (Error bars are standard deviations).

خوبی برخوردار نیستند. از طرفی دیگر وجود گونه‌های درختی غیربومی ممکن است به‌طور مستقیم بر چرخه مواد غذایی اثر بگذارد و باعث تغییراتی در کیفیت و کمیت بستر در خاک شود و بر فعالیت‌های میکروبی نقشی داشته باشد و یا به‌طور غیرمستقیم، بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک در زیر تاج درخت اثر بگذارد (۱۸) و شاید می‌توان گفت به این دلیل مقدار تنفس برانگیخته گونه غیربومی سمر کم‌تر از گونه بومی کهور ایرانی است.

اثر موقعیت نمونه‌برداری بر کربن زیست‌توده میکروبی تفاوت معنی‌دار نشان داد (جدول ۱) و مقدار میانگین کربن زیست‌توده در زیر تاج ۳/۹۲ و بیرون تاج ۱/۹۷ میلی‌گرم کربن زیست‌توده در صد گرم خاک خشک بود (شکل ۳).

تنفس برانگیخته خاک در کهور ایرانی بیش‌تر از سمر و در زیر تاج بیش‌تر از بیرون تاج بود. پژوهش‌گران افزایش حاصلخیزی در زیر تاج گونه کهور ایرانی را از قبل گزارش کردند (۱ و ۴۷). به‌طوری‌که کهور ایرانی به‌دلیل نداشتن اثر دگرآسیبی و داشتن شرایط مناسب برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها در خاک و افزایش مقدار ماده آلی باعث حاصلخیزی در خاک می‌شوند (۳۵). تنفس خاک تحت پوشش گیاهی مختلف متفاوت است، زیرا تاج پوشش گیاهی اثرات متفاوتی بر ساختار خاک دارد (۴۲). ترکیب شیمیایی لاش ریزه و کیفیت ضعیف آن و ویژگی‌های شاخ و برگ گونه‌های درختی ممکن است تأثیر کمی و کیفی بر تنفس خاک داشته باشد (۱۱) و با وجود لاشبرگ فراوان در زیر تاج سمر احتمالاً از کیفیت



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر عامل فرعی موقعیت نمونه‌برداری (زیر و بیرون تاج) بر کربن زیست‌توده میکروبی خاک (بارها انحراف معیار هستند).

**Figure 3. Comparison of the mean effect of the secondary factor of the sampling location (under and outside the canopy) on soil microbial biomass carbon. (Error bars are standard deviations).**

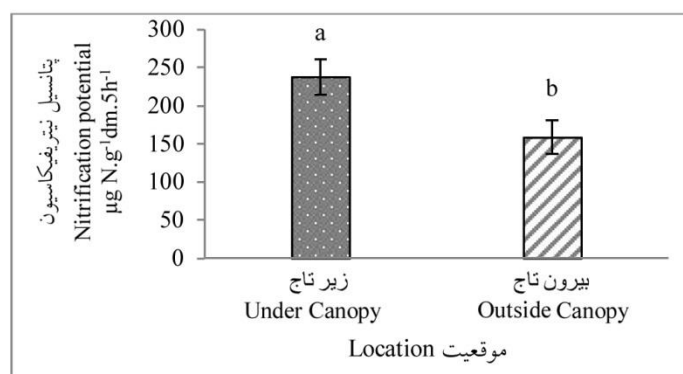
میکروبی بسیاری از فرآیندهای اکولوژیکی مانند چرخه کربن و عناصر غذایی، تجزیه لاشبرگ و بهره‌وری اولیه خاک را کنترل می‌کنند (۵۳، ۵۱ و ۲۸). منبع اصلی ورود عناصر غذایی و مواد آلی به خاک لاش ریزه‌های درختان و پوشش گیاهی می‌باشند (۴۳). اثر گونه در کربن زیست‌توده تفاوت معنی‌دار

کربن زیست‌توده میکروبی در اثر موقعیت نمونه‌برداری تفاوت معنی‌دار داشت و در زیر تاج بیش‌تر از بیرون تاج بود. توده‌های جنگلی با تأثیر بر کیفیت لاشبرگ و شاخص‌های مختلف خاک، اثرهای متفاوتی بر تغییرپذیری فعالیت و زی‌توده جوامع میکروبی خاک دارند (۵۱ و ۲۱). کربن زیست‌توده

ماه‌های سرد هم وجود دارد، بنابراین شرایط محیطی خوبی به لحاظ فعالیت میکروبی در خاک وجود دارد که حداقل منجر به عدم تفاوت معنی‌دار کربن زیست‌توده بین دو گونه می‌شود.

هم‌چنین موقعیت نمونه‌برداری بر پتانسیل نیتروفیکاسیون خاک منطقه اثر داشت و تفاوت معنی‌دار نشان داد درحالی‌که نوع گونه تأثیری بر آن نداشت (جدول ۱). مقدار میانگین پتانسیل نیتروفیکاسیون در زیر تاج ۲۳۷/۸۶ میکروگرم نیتروژن نیتروژن آزاد شده در هر گرم خاک خشک در پنج ساعت و بیرون تاج ۱۵۸/۸۱ میکروگرم نیتروژن نیتروژن آزاد شده در هر گرم خاک خشک در پنج ساعت بود (شکل ۴).

نشان نداد. با وجود داشتن اختلاف معنی‌دار متغیرهای تنفس پایه و برانگیخته در کهور ایرانی و سمر ثابت شد که با افزایش مقادیر تنفس لزوماً مقدار کربن زیست‌توده نمی‌تواند بین دو گونه تفاوت معنی‌دار نشان دهد و رابطه مستقیمی بین آن‌ها وجود ندارد. پارامترهای زیادی بیانگر تأثیر گونه‌های درختی بر کربن زیست‌توده میکروبی خاک هستند. برای مثال، کمیت و کیفیت عناصر غذایی حاصل از لاشبرگ، ریشه گونه‌های درختی، ویژگی‌های مواد غذایی و شرایط اقلیمی می‌توانند شاخص‌های بسیار مهمی در تغییرپذیری کربن زیست‌توده خاک باشند (۵۳ و ۱۰). هم‌چنین از آنجایی‌که در منطقه عسلویه طی سال



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر عامل فرعی موقعیت نمونه‌برداری (زیر و بیرون تاج) بر پتانسیل نیتروفیکاسیون خاک (بارها انحراف معیار هستند).

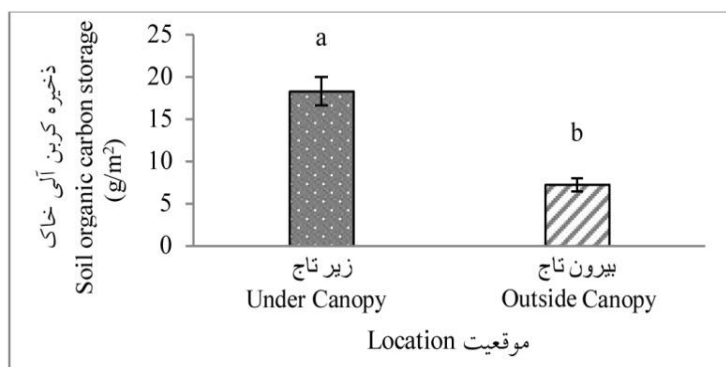
Figure 4. Comparison of the mean effect of the secondary factor of the sampling location (under and outside the canopy) on soil nitrification potential. (Error bars are standard deviations).

می‌تواند افزایش مواد غذایی خاک را در زیر تاج کهور توضیح دهد. ایکسیونگ و همکاران (۲۰۰۸) و جی و پاورز (۲۰۱۳) بیان نمودند که گونه‌های تثبیت‌کننده نیتروژن مانند کهور ایرانی و سمر به دلیل داشتن مقادیر بالای نیتروژن لاشبرگی و وجود پتانسیل بالای همزیستی ریشه این گونه‌ها با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، فعالیت میکروبی خاک را افزایش می‌دهند و می‌توان گفت در این مورد هیچ‌کدام این گونه‌ها بر دیگری برتری نشان ندادند (۵۲ و ۲۱).

به‌طورکلی گونه کهور تثبیت‌کننده نیتروژن است و در خاک‌هایی با اسیدیته قلیایی حضور دارد. تفاوت‌های موجود در کیفیت لاشبرگ و میزان موجودی عناصر غذایی، جذب و فعالیت تغذیه‌ای ریشه و جمعیت زیستی خاک موجب بروز تفاوت‌ها در ویژگی‌های خاک‌های زیر تاج می‌شود (۴۳). دو مکانیسم توزیع مجدد مواد غذایی جذب‌شده توسط سیستم ریشه در منطقه (۴۹ و ۶) و تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط همزیستی با ریزوبیوم (۲۰)

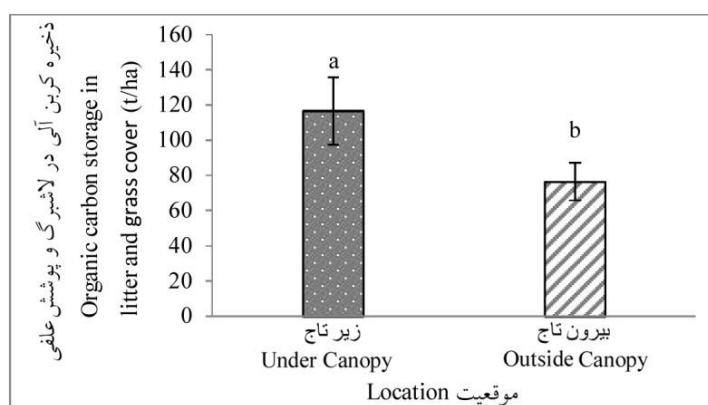
مترمربع (شکل ۵) و مقدار میانگین ذخیره کربن آلی در لاشبرگ و پوشش علفی در زیر تاج ۱۱۶/۷۱ و بیرون تاج ۷۶/۴۹ تن در هکتار (شکل ۶) به دست آمد.

اثر موقعیت نمونه‌برداری بر ذخیره کربن آلی در خاک و در لاشبرگ و پوشش علفی تفاوت معنی‌دار نشان داد (جدول ۱). مقدار میانگین ذخیره کربن آلی در خاک در زیر تاج ۱۸/۳ و بیرون تاج ۷/۲۳ گرم در



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر عامل فرعی موقعیت نمونه‌برداری (زیر و بیرون تاج) بر ذخیره کربن آلی در خاک (بارها انحراف معیار هستند).

Figure 5. Comparison of the mean effect of the secondary factor of the sampling location (under and outside the canopy) on soil organic carbon storage. (Error bars are standard deviations).



شکل ۶- مقایسه میانگین اثر عامل فرعی موقعیت نمونه‌برداری (زیر و بیرون تاج) بر ذخیره کربن آلی در لاشبرگ و پوشش علفی (بارها انحراف معیار هستند).

Figure 6. Comparison of the mean effect of the secondary factor of the sampling location (under and outside the canopy) on organic carbon storage in litter and grass cover. (Error bars are standard deviations).

مستقیم می‌تواند مقدار رطوبت خاک را تغییر دهد (۹) که به نوبه خود می‌تواند بر ذخیره کربن خاک تأثیر بگذارد (۱۴) و با نتایج ما همخوانی دارد. در واقع در زیر تاج به دلیل رطوبت بیشتر، ریزش لاشبرگ و پوسیدن و تجزیه شدن آن‌ها، مواد آلی بیشتری وارد

ذخیره کربن آلی در خاک و در لاشبرگ و پوشش علفی در زیر تاج نسبت به بیرون تاج تفاوت معنی‌دار نشان داد. اثرات قابل توجهی از تاج پوشش و ورودی کربن و عناصر غذایی به خاک قبلاً در سطح خاک مشاهده شده است (۱۲). در بیرون تاج وجود نور

افزایش مقدار تنفس پایه و برانگیخته خاک در گونه بومی کهور ایرانی نسبت به گونه غیربومی سمر منجر به کاهش کیفیت خاک، فعالیت میکروبی و برهم خوردن تعادل چرخه عناصر غذایی و به خصوص کربن در اکوسیستم‌های خشک و نیمه‌خشک می‌شود و گونه بومی کهور ایرانی نسبت به گونه غیربومی سمر در رویشگاه طبیعی عسلویه در این رابطه عملکرد بهتری نشان داد؛ بنابراین توصیه می‌شود برای حفظ بهبود و کیفیت خاک در جنگل‌های طبیعی، جنگل‌کاری و احیاء اکوسیستم، استفاده از گونه‌های بومی در اولویت قرار گیرد و از ورود گونه‌های غیربومی به جنگل طبیعی اجتناب شود. هم‌چنین کشت گونه سمر به دلیل مقاومت زیاد نسبت به شرایط سخت محیطی در مناطق عاری از پوشش گیاهی، عرصه‌های بیابان‌زدایی و برای تثبیت شن‌های روان انجام شود. از طرف دیگر در این پژوهش برای تمام متغیرهای بررسی شده (ویژگی‌های زیستی خاک و ذخیره کربن آلی) مقدار فعالیت در زیر تاج به‌طور معنی‌دار بیش‌تر از بیرون تاج بود.

خاک می‌شود که با کاهش مقدار آن در بیرون تاج، انتظار می‌رود ماده آلی و ذخیره کربن آلی کاهش یابد. با این‌که حجم بسیار زیادی از لاشبرگ در زیر تاج سمر نسبت به کهور ایرانی مشاهده شد اما اثر گونه در ذخیره کربن در خاک و در لاشبرگ و پوشش علفی تفاوت معنی‌دار نشان نداد و علت این امر را می‌توان ناشی از ترکیب شیمیایی و مقدار لاشبرگ تولیدشده از گونه سمر دانست که در میزان تجمع مواد آلی در خاک مؤثر هستند (۳۹). هم‌چنین گونه‌های درختی از طریق ویژگی‌های متفاوت‌شان در رهاسازی و غلظت عناصر غذایی و ترکیبات شیمیایی موجود در لاشبرگ اثرهای متفاوتی بر خاک دارند (۲۴).

### نتیجه‌گیری کلی

تنفس پایه و برانگیخته خاک از عوامل مهم در تعیین کیفیت خاک هستند و بسیار به تغییر کاربری، نوع مدیریت، اقلیم و نوع گونه حساس و به‌سرعت واکنش نشان می‌دهند. تنفس میکروبی خاک شاخصی از فعالیت میکروبی خاک، بیانگر روند تجزیه مواد آلی، فعالیت زیستی خاک و چرخه برخی از عناصر غذایی خاک است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده

### منابع

1. Aggarwal, R.K. 1980. Physico-chemical status of soil under Khejri (*P. cineraria* Linn.). In: H.S. Mann and S.K. Saxena, (eds). Khejri (*P. cineraria*) in the Indian Desert-its role in Agroforestry, CAZRI Monograph. 11: 32-36.
2. Alvarez-Rogel, J., Martinez-Sanchez, J.J., Carrasco, B.L., and Marin, S.C.M. 2006. A conceptual model of salt marsh plant distribution in coastal dunes of southeastern Spain. *Wetlands*. 26: 703-717.
3. Anderson, T.H., and Domsch, K.H. 1990. Application of eco-physiological quotients on microbial biomasses from soils of different cropping histories. *Soil Biology and Biochemistry*. 22: 251-255.
4. Asgharzadeh, A. 2010. Laboratory methods of soil biology. Tabriz Univ. Press. Tabriz, Iran. 755p. (In Persian)
5. Bakhshandehmehr, L., Soltani, S., and Sepehr, A. 2013. Assessment of current situation of desertification and modified MEDALUS model in the Isfahan Segzi plain. *J. of Range and Watershed Management*. 66: 27-41. (In Persian)
6. Barth, R.C., and Klemmedson, J.O. 1982. Amount and distribution of dry matter, nitrogen, and organic carbon in soil plant systems of Mesquite and Palo Verde. *J. of Range Management*. 35: 412-418.
7. Bazgir, M., and Maghsoudi, Z. 2019. Soil biological properties of desert soil under

- canopy of natural Tamarix shrub (*Tamarix ramosissima* Ledeb.). J. of Water and Soil Conservation. 26: 5. 181-195.
8. Beheshti, A., Raiesi, F., and Golchin, A. 2011. The effects of land-use conversion from pasturelands to croplands on soil microbiological and biochemical indicators. J. of Water and Soil. 25: 3. 548-562. (In Persian)
  9. Buck, J.R., and St Clair, S.B. 2012. Aspen increase soil moisture, nutrients, organic matter, and respiration in Rocky Mountain forest communities. Plos One. 7: 12. e52369.
  10. Burton, J., Chen, C., Xu, Z., and Ghadiri, H. 2010. Soil microbial biomass, activity, and community composition in adjacent native and plantation forests of subtropical Australia. J. of Soils and Sediments. 10: 7. 1267-1277.
  11. Catovsky, S., and Bazzaz, F.A. 2002. Feedbacks between canopy composition and seedling regeneration in mixed conifer broad-leaved forests. Oikos. 98: 403-420.
  12. Conti, G., Kowaljow, E., Baptist, F., Rumpel, C., Cuchietti, A., Pérez Harguindeguy, N., and Díaz, S. 2016. Altered soil carbon dynamics under different land-use regimes in subtropical seasonally-dry forests of central Argentina. Plant and Soil. 403: 375-387.
  13. Doran, J.W., and Parkin, T.B. 1994. Defining and assessing soil quality, In: Defining soil quality for a sustainable Environment, edited by Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicek, D.F., and Stewart, B.A. Soil Science Society of America. Special Publication. No. 35. Madison, Wisconsin. USA. pp. 3-21.
  14. Dorfer, C., Kuhn, P., Baumann, F., He, J.S., and Scholten, T. 2013. Soil organic carbon pools and stocks in permafrost-affected soils on the Tibetan Plateau. PLoS One. 8: 2. e57024.
  15. Drury, C.E., Hart, S.C., and Yang, X.M. 2008. Nitrification techniques for soils. Soil Sampling and Methods of Analysis. Taylor and Francis Group. pp. 495-513.
  16. El-Keblawy, A. 2012. Impacts of native and exotics *Prosopis* species on native plants in arid lands of the UAE. International Conference on Ecology. Agriculture and Chemical Engineering. pp. 233-237.
  17. Facelli, J.M., and Carson, W.P. 1991. Heterogeneity of plant litter accumulation in successional communities. Bulletin of the Torrey Botanical Club. 118: 62-66.
  18. Follstad Shah, J.J., Harner, M.J., and Tibbets, T.M. 2010. *Elaeagnus angustifolia* elevates soil inorganic nitrogen pools in riparian ecosystems. Ecosystems. 13: 46-61.
  19. Garcia-Franco, N., Wiesmeier, M., Goberna, M., Martínez-Mena, M., and Albaladejo, J. 2014. Carbon dynamics after afforestation of semiarid shrublands: implications of site preparation techniques. Forest Ecology and Management. 319: 107-115.
  20. Geesing, D., Felker, P., and Bingham, R.L. 2000. Influence of mesquite (*Prosopis glandulosa*) on soil nitrogen and carbon development: Implications for global carbon sequestration. J. of Arid Environments. 46: 157-180.
  21. Gei, M.G., and Powers, J.S. 2013. Do legumes and non-legumes tree species affect soil properties in unmanaged forests and plantations in Costa Rican dry forests? Soil Biology and Biochemistry. 57: 2. 264-272.
  22. Hashemi, S.A., Hojati, S.M., Hoseiny Nasr, S.M., Asadyan, M., and Tafazoli, M. 2017. Studying soil physical and net Nitrogen mineralization in plantation and natural stands in Darabkola Forest (sari). J. of Forest Research and Development. 3: 2. 119-132. (In Persian)
  23. Jia, B., Zhou, G., Wang, E., Wang, Y., and Weng, E. 2007. Effects of grazing on soil respiration of *Leymus chinensis* steppe. Climatic Change. 82: 211-223.
  24. Karami Kordalivand, P., Hosseini, S.M., Rahmani, A., and Mokhtari, J. 2015. Effects of pure and mixed Caucasian alder (*Alnus subcordata* C.A.Mey.) and eastern cottonwood (*Populus deltoides* Marsh). Plantation on carbon sequestration and some physical and chemical properties. Iranian J. of forest and Poplar Research. 23: 3. 402-412. (In Persian)

25. Karamian, M., and Hosseini, V. 2016. Effect of tree canopy and elevation on some chemical properties of forest soil (Case study: Tang Dalab, Ilam province). *J. of Natural Ecosystems of Iran*. 7: 1. 81-97.
26. Kaur, R., González, W.L., Llambi, L.D., Soriano, P.J., Callaway, R.M., Rout, M.E., and Gallaher, T.J. 2012. Community impacts of *Prosopis juliflora* invasion biogeographic and congeneric comparisons. *PLoS ONE*. 7. e44966.
27. Kimmins, J.P. 2004. *Forest ecology: a foundation for sustainable forest management and environmental ethics in forestry*. 3<sup>rd</sup> ed. Prentice Hall. Upper Saddle River. NJ. 611p.
28. Kooch, Y., Rostayee, F., and Hosseini, S.M. 2016. Effects of tree species on topsoil properties and nitrogen cycling in natural forest and tree plantations of northern Iran. *Catena*. 144: 2. 65-73.
29. Kramer, S., and Green, D.M. 1999. Phosphorus pools in tree and inter canopy microsites of a Juniper-Grass ecosystem. *J. of Soil Science Society of America*. 63: 1902-1905.
30. Kutsch, W.L., Persson, T., Schrumph, M., Moyano, F.E., Mund, M., Andersson, S., and Schulze, E.D. 2010. Heterotrophic soil respiration and soil carbon dynamics in the deciduous Hainich forest obtained by three approaches. *Biogeochemistry*. 100: 167-183.
31. Lal, R. 2004. Carbon sequestration in dryland ecosystems. *Environmental Management*. 33: 528-544.
32. Ludwig, J.A., Reynolds, J.F., and Whitson, P.D. 1975. Size-biomass relations of several Chihuahuan Desert shrubs. *American Midland Naturalist*. 94: 451-461.
33. Mahdhi, M., Tounekti, T., and Khemira, H. 2019. Effects of *Prosopis juliflora* on germination, plant growth of *Sorghum bicolor*, mycorrhiza, and soil microbial properties. *J. of Allelopathy*. 46: 2. 265-276.
34. Moradi, M., Imani, F., Naji, H.R., Moradi Behbahani, S., and Ahmadi, M.A. 2017. Variation in soil carbon stock and nutrient content in sand dunes after afforestation by *Prosopis juliflora* in the Khuzestan province (Iran). *iForest. Biogeosciences and Forestry*. 10: 585-589.
35. Moslehi Juibari, M., Hasani, M., Sadeghi, S.M., Ahmadi, A., Bizhani, A., and Sadeghi, M. 2021. Allelopathic effect of native species (*Prosopis cineraria* (L.) Druce) and exotic species (*Prosopis juliflora* (SW.) DC) on seed germination of native plant. Research institute of forests and Rangelands. 2021. Final Report of the Research Institute of Forests and Rangelands. Tehran.
36. Murugan, R., Beggi, F., Perabakaran, N., Maqsood, Sh., and Joergensen, R.G. 2020. Changes in plant community and soil ecological indicators in response to *Prosopis juliflora* and *Acacia mearnsii* invasion and removal in two biodiversity hotspots in Southern India. *Soil Ecology Letters*. 2: 1. 61-72.
37. Najafi, K., and Jalili, A. 2012. Effects of *Prosopis juliflora* (SW.) DC on some physical and chemical soil properties. *Iranian J. of Range and Desert research*. 19: 3. 406-420. (In Persian)
38. Paul, K.L., Polglase, P.J., Nyakuengama, J.G., and Khanna, P.K. 2002. Change in soil carbon following afforestation. *Forest Ecology and Management*. 168: 241-257.
39. Pausas, J.G. 1997. Litterfall and litter decomposition in *Pinus sylvestris* forests of the Eastern Pyrenees. *J. of Vegetation Science*. 8: 643-650.
40. Pearson, T.R., Brown, S.L., and Birdsey, R.A. 2007. Measurement guidelines for the sequestration of forest carbon. General technical report, USDA forest service.
41. Prasad, Sh., and Baishya, R. 2019. Interactive effects of soil moisture and temperature on soil respiration under native and non-native tree species in semi-arid forest of Delhi, India. *International Society for Tropical Ecology*. 60: 252-260.
42. Raich, J.W., and Tufekcioglu, A. 2000. Vegetation and soil respiration: correlation and controls. *Biogeochemistry*. 48: 71-90.



43. Rouhi Moghaddam, A., Hosseini, S.M., Rahmani, A., Tabari, M., and Ebrahimi, E. 2012. Nutritional process and nutrients return in pure and mixed plantations of Oak (A case study: lowland forests of Chamestan, Noor). Iranian J. of forest and Poplar Research. 20: 2. 256-272. (In Persian)
44. Sadeghi, S.M. 2011. Ecological survey on Iranian *Prosopis* habitats in Bushehr province. Agricultural and natural resources research center of Bushehr province. 2011. Final report agricultural and natural resources research center of Bushehr province, Bushehr.
45. Schinner, F., Öhlinger, R., Kandeler, E., and Margasin, R. 1996. Methods in soil biology. Berlin: Springer. 426p.
46. Shackleton, R.T., Le Maitre, D.C., Pasiecznik, N.M., and Richardson, D.M. 2014. *Prosopis*: a global assessment of the biogeography, benefits, impacts, and management of one of the world's worst woody invasive plant taxa. AoB PLANTS. 6: plu027. 1-18.
47. Shankar, V., Dadhich, N.K., and Saxena, S.K. 1976. Effect of Khejri tree (*P. cineraria*) on the productivity of range grasses growing in its vicinity. Forage Research. 2: 91-96.
48. Sheklabadi, M., Khademi, H., Karimian Iqbal, M., and Nourbakhsh, F. 2007. The effect of climate and long-term enclosure on some biological indicators of soil quality in some parts of the Central Zagros. J. of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources. 11: 41. 103-115. (In Persian)
49. Subedi, B.P., Pandey, S.S., Pandey, A., Rana, E.B., Bhattarai, S., Banskota, T.R., Charmakar, S., and Tamrakar, R. 2010. Forest carbon stock measurement: guidelines for measuring carbon stocks in community-managed forests. Asia network for sustainable agriculture and bioresources, Federation of community forest users, International center for integrated mountain development, Kathmandu, Nepal. 69p.
50. Tiedemann, A.R., and Klemmedson, J.O. 1972. Effect of mesquite on physical and chemical properties of the soil. J. of Range Management. 26: 27-29.
51. Voigtlaender, M., Laclau, J.P., de Moraes Gonçalves, J.L., de Cássia Piccolo, M., Moreira, M.Z., Nouvellon, Y., Ranger, J., and Bouillet, J.P. 2012. Introducing *Acacia mangium* trees in *Eucalyptus grandis* plantations: consequences for soil organic matter stocks and nitrogen mineralization. Plant and Soil. 352: 12. 99-111.
52. Xiong, Y., Xia, H., Li, Z.A., Cai, X.A., and Fu, S. 2008. Impacts of litter and understory removal on soil properties in a subtropical *Acacia mangium* plantation in China. Plant and Soil. 304: 12. 179-188.
53. Yang, K., Zhu, J., Zhang, M., Yan, Q., and Sun, O.J. 2010. Soil microbial biomass carbon and nitrogen in forest ecosystems of Northeast China: a comparison between natural secondary forest and larch plantation. J. of Plant Ecology. 3: 3. 175-182.
54. Zhou, L., Sun, Y., Saeed, S., Zhang, B., and Luo, M. 2020. The difference of soil properties between pure and mixed Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*) plantations depends on tree species. Global Ecology and Conservation. 22: e01009.

