

Evaluation of the carbon sequestration of halophyte species and soil of saline habitats (Case study - Hoz Sultan lake)

ABSTRACT

Investigating the carbon sequestration of plants in saline areas is considered necessary because the adverse effects of climate change in these areas are twofold. The purpose of this research is to investigate and compare the carbon sequestration capacity of aerial and underground organs of four brackish species (*Halocnemum strobilaceum*), Oshnan (*Seidlitzia rosmarinus*), salt spike (*Halostachys caspica*) and *Tamarix ramosissima* and the non-saline species of the desert (*Artemisia sieberi*) and the comparison of the amount of carbon It was stored in the soil of saline and non-saline vegetation in the pastures around the salt bed of Hoz Sultan Qom. At the time of maximum plant growth, 10 samples were taken from aerial, underground and soil under the bushes and between the said bushes. The amount of organic carbon in the root and shoot samples, as well as the amount of organic carbon, electrical conductivity, acidity, texture and specific gravity of the soil samples were determined. The significance test of the amount of sequestered carbon in plant organs (aerial and underground) and soil was done using analysis and analysis of variance and comparison of means by Duncan's method. The results of the variance analysis of the studied traits showed that the aerial organs of four resistant species and one non-resistant species are capable of storing and sequestering carbon, and the amount of carbon in the aerial organs of the five investigated species has a significant difference at level 5% So that in Gaz species had the highest amount of carbon in the aerial parts. In 4 types of sharroi, the amount of organic carbon in the roots was lower than in the tops. In other words, carbon storage in aerial biomass was more than underground biomass. The average percentage of carbon stored in the stem and root of bare tag was 74.3%, Oshnan 80.6%, Salt spike 77.8%, Gaz 85.8%, and Plain sedge 86%. Therefore, the plains and Gaz species had the highest amount of carbon storage per volume unit. Also, the average amount of carbon in the soil of under the bushes was determined to be 0.75%, Oshnan 0.82%, Salt spike 0.85%, Gaz 1.47%, and Plain sedge 0.47%. The amount of carbon sequestered in the soil under the gas bush was the highest with 52.5 tons per hectare and the salt spike with 29.9 tons per hectare was the lowest. The amount of carbon measured in the soil at the foot of the gooseberry bush was higher than other brackish species. It seems that one of the important reasons for this difference is the higher amount of wood texture and leaf produced by Goose compared to other saltwater species. Compared to other investigated halophyte species, the gooseberry plant is able to absorb and sequester more carbon in the atmosphere. On the other hand, due to the high volume of aerial biomass and fodder production, as well as the shrub-like vegetative form, this species can be considered as a suitable plant species for pasture improvement projects and for carbon storage in saline lands.

Key words: ecosystem, salinization, carbon sequestration, saline areas.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction:

The lack of accurate knowledge of the potential and functions of different halophytes is considered as the most important challenge in the revival of saline land. On the other hand, it seems necessary to investigate the carbon sequestration of plants in these regions due to the fact that the adverse effects of climate change in these regions are twofold. In order to investigate and compare the carbon sequestration capacity, the species of *Halocnemum strobilaceum*, *Seidlitzia rosmarinus*, *Halostachys caspica* and *Tamarix ramosissima* were selected as halophytes and *Artemisia sieberi* as glycophytes in Hoz Sultan Qom.

Objective(s):

The present research was carried out in order to investigate and compare the carbon sequestration capacity of aerial and underground organs of 4 halophytes and one glycophytes species and to compare the amount of carbon stored in the saline and non-saline habitat in the rangelands around the Hz Sultan of Qom

Material and Methods:

After selecting the site and preparing the floristic list, 10 samples were taken from the aerial, underground organs and soil under the bushes and between the bushes at the time of maximum growth of the plants. The samples were transferred to the laboratory and it was done to determine the amount of organic carbon from the root and branch samples and to determine the amount of organic carbon, electrical conductivity, acidity, texture and specific gravity of the soil samples. The significance test of the amount of sequestered carbon in plant organs (aerial and underground) and soil was done using analysis of variance and comparison of means by Duncan's method.

Results:

Tamarix ramosissima species had the highest amount of carbon available in the aerial parts. In 4 halophyte species, the amount of organic carbon in the roots was lower than in the aerial organs. In other words, carbon storage in aerial biomass was more than underground biomass. The average percentage of carbon stored in the stem and root of *Halocnemum strobilaceum* was 74.3%, *Seidlitzia rosmarinus* 80.6%, *Halostachys caspica* 77.8%, *Tamarix ramosissima* 85.8%, and *Artemisia sieberi* 86.1%. Therefore, *Artemisia sieberi* and *Tamarix ramosissima* had the highest amount of carbon storage per volume unit. Also, the average amount of carbon in the soil of *Halocnemum strobilaceum* 0.75%, *Seidlitzia rosmarinus* 0.82%, *Halostachys caspica* 0.85%, *Tamarix ramosissima* 1.47% and *Artemisia sieberi* 0.47% was determined. The amount of sequestered carbon in the soil under the *Tamarix ramosissima* bush was the highest with 52.5 tons per hectare and the *Halostachys caspica* with 29.9 tons per hectare was the least sequestered. The amount of carbon measured in the soil at the foot of the *Tamarix ramosissima* was higher than that of other halophyte species. It seems that one of the important reasons for this difference is the greater amount of wood textures and also the leaf produced by *Tamarix ramosissima* compared to other halophyte species.

Conclusions:

Tamarix ramosissima compared to other investigated halophyte species, is able to absorb more carbon from the atmosphere. On the other hand, due to the high volume of aerial biomass and forage production, as well as the shrub growth form, *Tamarix ramosissima* can be considered as a suitable plant for rangeland improvement projects and carbon sequestration in saline lands.

Author Contributions

Seyed Mehdi Adnani conceived of the presented idea, developed the theory and performed the computations and carried out the experiment. Abbas Pourmeidani verified analytical methods and performed the computations. Ehsan Zandi Performed analytical chemistry experiments. Hossein Tavakoli Neko investigated and supervised the findings of this work. All authors discussed the results and contributed to the final manuscript, but Abbas Pourmeidani wrote the final version of manuscript. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript. All authors contributed according their name place to the conceptualization of the article and writing of the original and subsequent drafts.

Data Availability Statement

Raw data were generated at Forestry and Rangeland Research Institute (RIFR). Derived data supporting the findings of this study are available from the corresponding author [Seyed Mehdi Adnani] on request after the permission of the RIFR.

Ethical considerations

The study was approved by the Ethics Committee of the Forestry and Rangeland Research Institute. The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

ارزیابی توان ذخیره کربن در گونه‌های هالوفیت و خاک رویشگاه‌های شور (مطالعه موردی - دریاچه حوض سلطان)

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی و مقایسه توان ترسیب کربن اندام هوایی و زیرزمینی چهار گونه شورپسند بره‌تاغ (*Halocnemum strobilaceum*)، اشنان (*Seidlitzia rosmarinus*)، سنبله نمکی (*Halostachys caspica*) و گز (*Tamarix ramosissima*) و گونه غیر شورپسند درمنه دشتی (*Artemisia sieberi*) و نیز مقایسه میزان کربن ذخیره شده در خاک رویشگاه شور و غیر شور در سال ۱۳۹۵ در مراتع حوض سلطان قم انجام شد. از اندام‌های هوایی، زیرزمینی و خاک زیر بوته‌ها ده نمونه برداشت و میزان کربن آلی نمونه‌های سرشاخه و ریشه و نیز ویژگی‌های مختلف نمونه‌های خاک تعیین گردید. نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده گیاهی نشان داد، اندام‌های هوایی چهار گونه مقاوم و یک گونه شاهد، قادر به ترسیب کربن هستند. میزان کربن موجود در اندام‌های هوایی پنج گونه اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ داشت. گونه گز بیشترین میزان کربن در اندام هوایی را دارا بود. در چهار گونه شورپسند، میزان کربن آلی در ریشه‌ها کمتر از سرشاخه‌ها بود. گونه‌های درمنه دشتی با ۸۶/۱ درصد و گز با ۸۵/۸ درصد بیشترین مقدار ذخیره کربن در واحد حجم را داشتند. مقدار کربن ترسیب شده در خاک زیر بوته گز با ۵۲/۵ تن در هکتار بیشترین مقدار و زیر بوته سنبله نمکی با ۲۹/۹ تن در هکتار کمترین مقدار را داشت. این اختلاف می‌تواند ناشی از وجود بافت‌های چوبی و نیز لاشبرگ تولید شده بیشتر توسط گز در مقایسه با سایر گونه‌ها باشد. گیاه گز نسبت به سایر گونه‌های هالوفیت قادر است حجم بیشتری از کربن موجود در فضا را جذب و ترسیب نماید. به دلیل حجم بالای بیوماس هوایی و تولید علوفه و نیز فرم رویشی درختچه‌ای، گز می‌تواند به عنوان گونه گیاهی مناسب جهت پروژه‌های اصلاح مرتع و جهت ذخیره کربن در اراضی شور مد نظر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: شورپسند، ترسیب کربن، مناطق شور.

مقدمه

در قرن حاضر چندین موضوع عمده محیط زیستی شامل تخریب اراضی، بیابان زایی، تهدید تنوع زیستی، کاهش کمیت و کیفیت منابع آبی، از بین رفتن جنگل‌ها و مراتع و در نهایت تغییرات اقلیمی از چالش‌های مهم در توسعه پایدار و فقرزدایی به شمار می‌رود. تغییرات اقلیم و افزایش گرمای جهانی، به عقیده بسیاری از محققان ناشی از افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر است. از طرفی کربن مهم‌ترین گاز گلخانه‌ای است. به منظور کاهش دی اکسیدکربن اتمسفری و ایجاد تعادل در محتوای گازهای گلخانه‌ای، کربن باید جذب و در فرم‌های گوناگون ذخیره شود. ذخیره کربن اتمسفری یکی از مهمترین کارکردهای اکوسیستم‌های طبیعی به ویژه مراتع است. فرضیه گرم شدن جهانی بر افزایش غلظت دی اکسیدکربن اتمسفر استوار است، به‌طوری که با دو برابر شدن میزان CO₂ میانگین دما بین ۲ تا ۴ درجه سانتی گراد افزایش خواهد یافت (Quay, et. al., 2003).

ترسیب کربن یا نهشت کربن عبارت است از هر گونه فعالیتی که به افزایش ذخایر پایدار کربن و انتقال آن از اتمسفر به درون زیست‌توده گیاهی و خاک منجر شود. به عبارت دیگر ترسیب کربن خاک شامل انتقال کربن اتمسفری به خاک از طریق فتوسنتز و نگه داشتن در ذخایر کربن خاک است. به گونه‌ای موثر که از فعالیت‌های میکروبی خاک که کربن را به اتمسفر باز می‌گردانند محافظت شوند (Kane, 2015). بطور کلی ترسیب کربن و جلوگیری از انتشار آن در اتمسفر و نیز کاهش تقاضا برای سوخت‌های فسیلی از طریق استفاده از سایر اشکال انرژی به عنوان دو استراتژی مهم در تعدیل اثرات گازهای گلخانه‌ای و تغییر اقلیم محسوب می‌شوند (IPCC, 2006).

اگرچه توان ترسیب کربن برای تعدادی از گیاهان مرتعی گزارش شده است با اینحال، مراتع کویری و بیابانی و اراضی تحت تاثیر شوری در ایران، علیرغم وسعت قابل توجه، کمتر مورد مطالعه قرار گرفته و کارکردهای زیست محیطی گیاهان شورپسند (هالوفیت‌ها) به عنوان پوشش گیاهی غالب در این اراضی بررسی نشده است. بررسی ترسیب کربن گیاهان در این مناطق به دلیل اینکه آثار سوء تغییر اقلیم در این مناطق دو چندان است، ضروری به نظر می‌رسد. همچنین عدم شناخت دقیق از توان ذخیره کربن و کارکردهای مختلف گیاهان شورروی نظیر تولید علوفه و ترکیباتی نظیر روغن و .. به عنوان یکی از چالش‌های احیاء اراضی شور مطرح است. لذا در این تحقیق، توان گیاهان شورپسند در ترسیب کربن در پیوند با مساله افزایش سطح گازهای گلخانه‌ای به ویژه CO₂، گرم شدن کره زمین و تغییر اقلیم پیشنهاد گردید تا بدین ترتیب علاوه بر بررسی توان این گیاهان در تعدیل پیامدهای تغییر اقلیم بتوان اولویت بندی مناسبی برای معرفی آنها در احیاء اراضی شور ارائه داد.

بازگیر و همکاران (۱۳۹۸)، تاثیر درختچه گز بر ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی و ترسیب کربن خاک‌های بیابانی منطقه فرخ آباد دهلران را بررسی کردند. نتایج نشان داد که ویژگی‌های خاک نظیر مقدار ترسیب کربن، ماده آلی، pH، EC، N و درصد CaSO₄ در زیر تاج پوشش درختچه گز با فضای باز و در عمق‌های سطحی و تحتانی خاک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت. مقدار pH، K و سیلت از مهم‌ترین اجزای تأثیرگذار بر مقدار ترسیب کربن خاک در زیر تاج پوشش درختچه‌های گز بودند. به‌طور کلی درختچه گز از سازگاری مطلوبی با شرایط آب و هوایی منطقه برخوردار است. همچنین این درختچه با افزایش ماده آلی در سطح خاک موجب بهبود ساختمان و افزایش حاصلخیزی خاک منطقه شده است.

قاسمی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۶)، قابلیت ترسیب کربن در اندام‌های مختلف و خاک زیر اشکوب گونه‌های قیچ و گروج را در مراتع صالح آباد هرمزگان بررسی کردند. بیشترین مقدار ترسیب کربن در عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متری خاک بدست آمد. بیشترین و کمترین مقدار کربن ذخیره شده در بافت گیاهی به ترتیب در اندام‌های ساقه و ریشه مشاهده شد. بطور کلی گیاه قیچ دارای توانایی بیشتری در ترسیب کربن در اندام‌های خود بود. همچنین پژوهشگران در بررسی میزان ذخیره کربن در دریاچه نمک میقان با استفاده از مته حفاری به این نتیجه رسیدند که مقدار کربن آلی خاک از سطح به عمق خاک روند کاهشی داشته به نحوی که بیشترین مقدار آن در لایه ۰-۲۵ سانتی متری به میزان ۲۹/۵ درصد و کمترین آن در لایه ۵-۴ متری به میزان ۱۰/۲ درصد و میانگین کل آن تا عمق ۵ متری ۲۲/۳ درصد بود. با توجه به وسعت ۱۰۷ کیلومتر مربعی پلايای میقان کربن ذخیره شده ۸۴/۲۵ میلیون تن برآورد گردید

(عبدی و همکاران، ۱۳۸۹). در تحقیق دیگری با بررسی عوامل موثر بر ذخیره کربن آلی خاک در جنوب کویر میقان، در تیپ‌های گیاهی تحت چرا و قرق گونه *Atriplex canescence* مشخص گردید که کل کربن آلی خاک ذخیره شده در عمق ۳۰-۰ منطقه قرق ۵۲/۴۸ تن در هکتار و در تیپ گیاهی تحت چرا ۴۹/۱۵ تن در هکتار بود. این نتایج موید تاثیر قرق در افزایش ذخیره کربن در واحد سطح می‌باشد (طهماسبی و همکاران، ۱۳۹۰). مفیدی و همکاران (۱۴۰۰)، ارزش اقتصادی حاصل از ترسیب کربن در بخشی از شوره‌زارهای اینچه برون استان گلستان را برآورد نمودند. بدین منظور کل بیوماس اندام هوایی و ریشه بوته‌های انتخابی جمع‌آوری و سپس میزان کربن ذخیره شده در اندام‌های هوایی و خاک تعیین گردید. نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان کربن ترسیب شده به بخش خاک اختصاص دارد. بیش‌ترین ارزش اقتصادی مربوط به سایت چرای سبک بود.

یوسفیان (۱۳۹۹)، نقش درمنه کوهی (*Artemisia Aucheri*) در جذب کربن اتمسفری در مراتع استان سمنان را ارزیابی نمود. میزان کربن به روش احتراق تعیین گردید. نمونه‌برداری از خاک نیز در محدوده ریشه و خارج از محدوده ریشه انجام شد. نتایج تحقیق نشان داد که ریشه بیش‌ترین میزان ترسیب را در بین اندام‌های مختلف داشت. همچنین میزان ترسیب کربن خاک در عمق ۱۵-۰ نسبت به عمق ۳۰-۱۵ سانتی‌متر بیشتر بوده و گونه درمنه کوهی تاثیر معنی‌دار (در سطح ۵٪) بر ذخیره کربن آلی داشت. جعفری سرابی و همکاران (۱۴۰۰) تغییرات ترسیب کربن و برخی ویژگی‌های خاک در تیپ‌های جنگلی زاگرس میانی را بررسی کردند. تیپ‌های جنگلی اختلاف معنی‌داری در مقادیر ترسیب کربن، بافت، نیتروژن، کربن آلی، نسبت کربن به نیتروژن بودند. تغییرات ترسیب کربن و عناصر غذایی خاک در تیپ‌های جنگلی بیشتر تحت تاثیر نوع تیپ جنگلی و ارتفاع تاج پوشش قرار می‌گیرد.

نتایج تحقیق عبدی و گایگانی (۱۳۹۴) در بررسی قابلیت ذخیره کربن در گونه‌های بوته‌ای و درختچه‌ای در اراضی بیابانی کویر میقان اراک نشان داد، در تمام تیپ‌های گیاهی، ذخیره کربن زیست توده هوایی بیش از ریشه‌ها بود. همچنین میانگین کربن ذخیره شده در زیست توده تیپ‌های گیاهی *S. incanescens* A. *canescens* H. *persicum* و *A. verrucifera* به ترتیب ۵۳۱/۱۹ ، ۲۲۸/۷۹ ، ۲۰۷/۷۷ و ۶۱/۹۱ گرم بر مترمربع بدست آمد که از نظر آماری، میانگین کربن تیپ گیاهی *H. persicum* با سایر تیپ‌ها اختلاف معنی‌داری را نشان داد. با توجه به آنکه مناطق تحت کشت توده‌های دست کاشت تاغ و آتریپلکس، قبل از تخریب پوشش گیاهی (قبل از سال ۱۳۶۰)، دارای تیپ‌های طبیعی بوده‌اند، پس از گذشت حدود ۲۰ سال از عملیات احیایی (سال ۱۳۷۰ اتمام عملیات اجرایی)، در مقایسه با تیپ‌های طبیعی یادشده از نظر ذخیره کربن زیست توده، موفق ارزیابی می‌شوند. این موضوع موید این مطلب است که احیا و مدیریت پوشش گیاهی دست کاشت در مناطق بیابانی علاوه بر آنکه موجب کنترل فرسایش بادی می‌شود، مقادیر قابل توجهی از گاز کربنیک جو را ترسیب می‌کند.

محققین دیگری با مقایسه توان ترسیب کربن جوامع بوته‌ای و علفی به این نتیجه رسیدند که بوته‌ای‌ها به دلیل زنده‌مانی و تمایل بیشتر به حفظ کربن و نیز تجزیه کندتر، توان ترسیب کربن بیشتری دارند. بنابراین، احیاء اراضی شور و زمین‌های تخریب یافته با گیاهان بوته‌ای می‌تواند منجر به تجمع بیشتر کربن گردد و از این نظر دارای توجیه است (Fretias & Castro، 2009). همچنین (Su et. Al., 2010) در تحقیقی با تاکید بر اهمیت مطالعه کارکردهای مختلف گیاهان در مراتع کویری و بیابانی، ابراز داشتند که احیای بیولوژیک اراضی بیابانی باعث افزایش پتانسیل ترسیب کربن خاک می‌شود و بالاخره *Daryantoa* و همکاران (2013)، در مطالعه خود با موضوع مدیریت بوته زارهای نیمه خشک برای ذخیره سازی کربن اعلام نمودند که شدت چرا با کاهش زیست توده هوایی و زیرزمینی گیاهان و در نتیجه کاهش بازگشت ماده آلی به خاک، باعث کاهش ذخیره کربن ریشه می‌شود.

هدف اصلی از انجام این تحقیق، بررسی توان گیاهان شورپسند در کاهش اثرات گازهای گلخانه‌ای و تعدیل پیامدهای تغییر اقلیم است. بدین منظور، توان ترسیب کربن گونه‌های مختلف بررسی و با یکدیگر مقایسه گردید. همچنین، اولویت‌بندی گیاهان شورروی و معرفی آنها در احیاء اراضی شور بر اساس بیش‌ترین توان ترسیب کربن از دیگر اهداف این پژوهش است.

مواد و روش‌ها

محل مورد تحقیق در تیپ‌های گیاهی شورپسند اطراف دریاچه حوض سلطان قم در ۴۵ کیلومتری شمال شهرستان قم قرار داشت. این منطقه دارای طول جغرافیایی ۳۴° ۵۳' و عرض جغرافیایی ۵۷° ۰۱' ۳۵ و ارتفاع ۸۲۰ متر از سطح دریا می‌باشد. متوسط بارندگی سالانه منطقه ۱۴۶ میلی‌متر می‌باشد که حداکثر نزولات در فصل زمستان و اوایل بهار رخ می‌دهد. در مجموع پراکنش بارش از یکنواختی خاصی برخوردار نبوده و اغلب به صورت رگبار می‌باشد. با توجه به پراکنش گونه‌های گیاهی شورپسند موجود در منطقه، تحقیق حاضر بر روی چهار گونه *Halocnemum strobilaceum*، اشنان (*Seidlitzia rosmarinus*)، گز (*Tamarix ramosissima*) و *Halostachys caspica* انجام شد. جهت مقایسه و ارزیابی بهتر گونه‌های مورد نظر و تعیین میزان واقعی ترسیب کربن در مقایسه با سایر گونه‌های غیر شورپسند، گونه درمنه دشتی (*Artemisia sieberi*) که دارای تیپ گسترده در اطراف مناطق شور حوض سلطان می‌باشد، انتخاب شد.

با توجه به شرایط متفاوت گونه‌های موجود در عرصه مورد نظر، ابتدا روش مطالعه پوشش گیاهی بر اساس نوع گونه‌های موجود تعیین شد. لذا برای گونه‌های *Halocnemum strobilaceum*، اشنان، درمنه و *Halostachys caspica* با استفاده از روش (Bartlett et al., 2001) ۱۰ پلات چهار متر مربعی بر روی دو ترانسکت ۲۰۰ متری و با فواصل ۲۰ متری با روش تصادفی سیستماتیک اقدام به تعیین تولید، درصد تاج پوشش گیاهی، درصد لاشبرگ و درصد سنگ و سنگریزه و خاک لخت شد (مصدقی، ۱۳۹۴). در مورد گونه گز با توجه به ابعاد بزرگ بوته‌های این گونه، به منظور تعیین میزان تراکم در هکتار از روش نزدیکترین همسایه استفاده شد (مصدقی، ۱۳۹۴). در ادامه برای تعیین بیوماس هوایی و زیرزمینی، تعداد ۱۰ پایه گیاهی که از نظر خصوصیات ظاهری نماینده تیپ گیاهی مورد مطالعه بود، انتخاب و پس از برداشت به روش قطع و توزین، اندام هوایی و زیرزمینی از هم جدا و در پاکت‌های جداگانه قرار داده شدند. نمونه‌ها پس از خشک شدن توزین و برای برآورد میزان کربن آلی آن‌ها به روش احتراق در کوره الکتریکی (Birdsey, et al., 2000) به آزمایشگاه منتقل گردیدند.

جهت تهیه نمونه‌های خاک، تعداد ۱۰ چاله تا عمق ۶۰ سانتی‌متر در زیر بوته‌های منتخب و قطع شده هر گونه حفر و از هر چاله نمونه‌برداری از خاک صورت گرفت. نمونه‌های خاک برای اندازه‌گیری ویژگی‌های مورد نظر به آزمایشگاه منتقل شد. مشخصه‌های خاک شامل بافت با استفاده از روش هیدرومتری بایکاس، pH خاک با استفاده از گل اشباع و pH متر، هدایت الکتریکی با عصاره گل اشباع و EC متر، کربن آلی خاک به روش (Walkley, 1974) و جرم مخصوص ظاهری خاک به روش کلوخه (شهبازی و همکاران، ۱۴۰۳) تعیین گردید. پس از محاسبه کربن آلی خاک، میزان ترسیب کربن در خاک براساس روش (MacDicken, 1997) محاسبه شد. پس از جمع‌آوری داده‌ها، آزمون معنی‌داری میزان کربن ترسیب شده در اندام‌های گیاهی (هوائی و زیرزمینی) و خاک با استفاده از تجزیه و تحلیل دو طرفه واریانس و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد.

یافته‌های پژوهش

جدول ۱ بافت خاک و جرم مخصوص آن را در تیپ‌های پوشش گیاهی تحت بررسی نشان می‌دهد. بافت خاک در هر سه تیپ گیاهی منطقه شور، رسی - لومی و در تیپ درمنه دشتی، شنی - لومی بود. همچنین جرم مخصوص ظاهری خاک نیز بین ۰/۸ در تیپ گیاهی *Halocnemum strobilaceum* تا ۱/۸ گرم در سانتی‌متر مکعب در تیپ گیاهی *Artemisia sieberi* در نوسان بود.

جدول ۱. نتایج اندازه‌گیری ویژگی‌های خاک تیپ‌های مختلف پوشش گیاهی

ویژگی/گونه‌ها	<i>Halocnemum strobilaceum</i>	<i>Seidlitzia rosmarinus</i>	<i>Halostachys caspica</i>	<i>Tamarix ramosissima</i>	<i>Artemisia sieberi</i>
بافت خاک	رسی - لومی	رسی - لومی	رسی - لومی	رسی - لومی	شنی - لومی
جرم مخصوص ظاهری	۰/۸	۱/۱	۰/۹۵	۱/۲۵	۱/۸

همچنین سطح تاج پوشش، تراکم، بیوماس اندام هوایی، بیوماس اندام زیرزمینی و تولید گونه‌های مختلف تحت بررسی در جدول ۲ آمده است. سطح تاج پوشش گونه اشنان (*Seidlitzia rosmarinus*) برابر ۴/۲ درصد، تراکم آن ۱۹۰۰ پایه درهکتار، بیوماس اندام هوایی ۱۶۱۵ کیلوگرم در هکتار، بیوماس اندام زیرزمینی ۵۶۷ کیلوگرم در هکتار و تولید سال جاری ۴۹۸ کیلوگرم در هکتار برآورد شد. همچنین سطح تاج پوشش گز (*Tamarix ramosissima*) برابر ۲/۵ درصد، تراکم آن ۴۵/۳ پایه در هکتار، بیوماس اندام هوایی ۵۷۰ کیلوگرم در هکتار، بیوماس اندام زیرزمینی ۳۱۰ کیلوگرم در هکتار و تولید سال جاری ۱۵۲/۸ کیلوگرم در هکتار برآورد شد.

جدول ۲. نتایج اندازه‌گیری ویژگی‌های مختلف پوشش گیاهی

نام گونه	سطح تاج پوشش (درصد)	تراکم (پایه در هکتار)	تولید (kg/ha)	بیوماس اندام هوایی (kg/ha)	بیوماس اندام زیرزمینی (kg/ha)	مجموع بیوماس (kg/ha)
<i>Halocnemum strobilaceum</i>	۶/۱	۲۱۰۰	۶۰۷	۲۳۵۰	۷۴۲	۳۰۹۲
<i>Seidlitzia rosmarinus</i>	۴/۲	۱۹۰۰	۴۹۸	۱۶۱۵	۵۶۷	۲۱۸۲
<i>Halostachys caspica</i>	۰/۲	۲۱/۷	۱۸/۲	۸۴	۳۱	۱۱۵
<i>Tamarix ramosissima</i>	۲/۵	۴۵/۳	۱۵۲/۸	۵۷۰	۳۱۰	۸۸۰
<i>Artemisia sieberi</i>	۳/۸	۷۶۵۰	۵۶/۳	۱۹۰	۱۰۷	۲۹۷

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات

نتایج تجزیه واریانس در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان داد تمام صفات مورد بررسی در گونه‌های مورد مطالعه و خاک بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ و یا ۵٪ بود. نتایج تجزیه واریانس درصد میزان کربن موجود در سرشاخه‌های پنج گونه مورد بررسی نشان داد، میزان توان ترسیب کربن سرشاخه‌ها و ریشه‌ها در گونه‌های تحت بررسی متفاوت بود. بین تکرارها تفاوت معنی‌داری در میزان کربن اندازه‌گیری شده مشاهده نشد.

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی

صفات/منابع تغییرات	تیمار df=4	تکرار df=2	خطا df=8
درصد کربن سرشاخه‌ها	۶۵/۳۷*	۹/۸ ns	۲۷
درصد کربن ریشه‌ها	۱۷۸/۵**	۴۳/۱ ns	۳۵/۹
میزان شوری خاک (ds/m)	۴۵۲۲**	۲۲۴۰ ns	۴۳۸/۲
میزان اسیدیته خاک	۰/۱۷۲*	۰/۰۰۳ ns	۰/۰۴۲
درصد Sand خاک	۲۴۸/۹**	۱۳۲/۷ ns	۵/۷۶
درصد Silt خاک	۲۰/۳۲*	۵/۳۶ ns	۵/۸۵
درصد Clay خاک	۱۶۱/۶**	۱۰/۴ ns	۱/۸
درصد کربن خاک	۰/۴۰۶**	۰/۱۲ ns	۰/۰۰۵
میزان ترسیب کربن در خاک (تن/هکتار)	۲۹۳/۳**	۱۹/۳ ns	۱۰/۲

ns، * و ** به ترتیب نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار، وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

نتایج مقایسه میانگین پارامترهای مورد بررسی در گونه‌های مختلف، به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در جدول ۴ نشان داده شده

است. گونه شورگز با ۹۰/۴ درصد دارای بیشترین درصد کربن سرشاخه بوده و به تنهایی در گروه اول قرار گرفت. همچنین بیشترین میزان کربن ریشه با ۹۰/۸ درصد در گونه درمنه دشتی مشاهده شد. ریشه‌های گونه درمنه (به عنوان گونه غیرشورپسند) و گونه شورگز به عنوان گونه شورپسند توان بیشتری برای جذب کربن داشتند. میزان جذب کربن در یک واحد معین از ریشه گونه‌های بره تاغ، اشنان و سنبله نمکی کمتر از دو گونه دیگر بود.

کمترین میزان شوری (EC) با مقدار ۲/۹ دسی زیمنس بر متر در خاک تیپ گیاهی درمنه دشتی وجود داشت به نحوی که این خاک به عنوان خاک غیر شور در یک گروه قرار گرفت. خاک تیپ گیاهی بره تاغ با ۹۶/۲ دسی زیمنس بر متر، بیشترین میزان شوری را داشت. مقدار pH در خاک تیپ های گیاهی بره تاغ، اشنان، گز و سنبله نمکی در یک گروه (اول) قرار گرفت. کمترین مقدار pH با ۷/۶ در خاک تیپ گیاهی درمنه دشتی ملاحظه شد و به طور مجزا در گروه دوم قرار گرفت. بیشترین میزان شن با ۵۳/۳ درصد در خاک زیر بوته‌های درمنه دشتی وجود داشت و به طور مجزا در گروه اول قرار گرفت. خاک سایر گونه ها نیز از نظر میزان شن در یک گروه قرار گرفتند. همچنین بیشترین میزان سیلت با ۳۵/۳ درصد و کمترین میزان رس با ۱۷/۷ درصد در خاک زیر بوته‌های درمنه دشتی وجود داشت.

بر اساس گروه‌بندی دانکن، میزان کربن موجود در خاک پای بوته درمنه کمترین مقدار و در خاک زیر بوته گز بیشترین مقدار کربن را داشت. میزان کربن اندازه‌گیری شده در خاک پای بوته گز تقریباً سه برابر خاک پای بوته درمنه بود. همچنین میزان کربن موجود در خاک زیر بوته در سه گونه بره تاغ، اشنان و سنبله نمکی اختلاف معنی داری نداشت و هر سه در یک گروه (گروه دوم) قرار گرفتند. با این تفسیر می توان بیان نمود که خاک پای بوته به عنوان منبع ترسیب کربن، نسبت به تغییر پوشش گیاهی واکنش نشان می‌دهد. مقایسه میانگین میزان ذخیره کربن در خاک نیز نشان داد، گونه شورگز در مقایسه با سایر گونه‌ها با ۵۲/۵ تن در هکتار، توان بیشتری برای ترسیب کربن داشت و به تنهایی در گروه اول قرار گرفت.

مقایسه مجموع درصد کربن ذخیره شده در سرشاخه، ریشه و خاک پای بوته نشان داد که بیشترین ذخیره‌سازی کربن در بیوماس کل گیاه مربوط به بوته درمنه در منطقه غیر شور بود. این در حالی است که در منطقه شور بیشترین ذخیره‌سازی کربن در بیوماس کل گیاه مربوط به گونه گز بود. گونه‌های اشنان، سنبله نمکی و بره تاغ در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند

جدول ۴. مقایسه میانگین ویژگی های خاک محل رویش گونه های مختلف

صفات/گونه‌ها	<i>Halocnemum strobilaceum</i>	<i>Seidlitzia rosmarinus</i>	<i>Halostachys caspica</i>	<i>Tamarix ramosissima</i>	<i>Artemisia sieberi</i>
میزان شوری (dsm ⁻¹)	۹۶/۲ ^a	۸۵/۳ ^a	۹۴/۷ ^a	۷۱/۳ ^b	۲/۹ ^c
میزان اسیدیته	۸/۲ ^a	۸ ^a	۸/۳ ^a	۸ ^a	۷/۶ ^b
درصد Sand	۳۲/۷ ^b	۳۳ ^b	۳۲ ^b	۳۴/۷ ^b	۵۳/۳ ^a
درصد Silt	۲۹/۲ ^c	۳۳/۷ ^{ab}	۳۱/۱ ^{bc}	۳۴/۳ ^{ba}	۳۵/۳ ^a
درصد Clay	۳۳ ^b	۳۱/۶ ^b	۳۷ ^a	۳۱/۷ ^b	۱۷/۷ ^c
درصد کربن	۰/۷۵ ^b	۰/۸۲ ^b	۰/۸۵ ^b	۱/۵ ^a	۰/۴۷ ^c
میزان ترسیب کربن در (تن/هکتار)	۳۲/۳ ^{bc}	۲۹/۸ ^c	۲۷/۸ ^c	۵۲/۵ ^a	۳۵/۳ ^b

در هر ردیف میانگین‌های دارای حروف مشابه تفاوت معنی‌داری با یکدیگر در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

نتایج حاصل از محاسبه میزان ترسیب کربن در خاک

با توجه به ارقام درصد کربن آلی محاسبه شده، جرم مخصوص ظاهری خاک، عمق نمونه برداری و با توجه به فرمول مندرج در روش تحقیق، میزان ترسیب کربن در خاک (با مقیاس تن در هکتار) در هر تیمار محاسبه شد (جدول ۵). نتایج نشان داد، در منطقه شور بیشترین مقدار کربن ترسیب شده در خاک مربوط به گونه گز با ۵۲/۵۱ تن در هکتار بود و گونه‌های بره تاغ، اشنان و سنبله نمکی به

ترتیب با مقادیر ۳۲/۲۶، ۳۱/۳ و ۳۰/۳۳ تن در هکتار در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. میزان کربن ذخیره شده در خاک منطقه غیر شور و در مورد گونه درمنه دشتی برابر ۳۵/۲۷ تن در هکتار بود که این مقدار در مقایسه با گونه گز کمتر و از سایر گونه‌های شورپسند بیشتر بود.

جدول ۵. مقدار کربن ذخیره شده در خاک زیربوته و بین بوته گونه‌های مورد بررسی (تن در هکتار)

گونه‌ها	کربن ترسیب شده در خاک زیر بوته‌ها	کربن ترسیب شده در خاک بین بوته‌ها	مجموع کربن ترسیب شده در خاک
<i>Halocnemum strobilaceum</i>	۲۹/۳۸	۲/۸۸	۳۲/۲۶
<i>Seidlitzia rosmarinus</i>	۲۱/۵۸	۲/۷۲	۳۱/۳
<i>Halostachys caspica</i>	۲۷/۷۳	۲/۶	۳۰/۳۳
<i>Tamarix ramosissima</i>	۴۹/۳۶	۳/۱۵	۵۲/۵۱
<i>Artemisia sieberi</i>	۳۱/۴۹	۳/۷۸	۳۵/۲۷

بحث

نتایج تحقیق نشان داد که اندام‌های هوایی چهار گونه شورپسند و یک گونه غیر شورپسند، قادر به ذخیره‌سازی و ترسیب کربن هستند و میزان کربن موجود در اندام‌های هوایی پنج گونه مورد بررسی در سطح احتمال خطای ۵٪ تفاوت معنی‌داری داشت. به طوریکه گونه گز بیشترین میزان کربن موجود اندام هوایی را دارا بود. از نظر آماری مقدار کربن موجود در اندام هوایی ۴ گونه دیگر (بره تاغ، اشنان، سنبله نمکی و درمنه) در یک گروه قرار گرفتند. نتایج تحقیقات محققین نشان داده است که هر چه یک گیاه از حجم و بیوماس بیشتری برخوردار باشد، به همان میزان توانایی بیشتری در ترسیب کربن خواهد داشت (Wang و همکاران، ۲۰۱۱). نتایج نشان داد که میزان کربن آلی ریشه در گونه‌های مختلف در سطح ۱٪ تفاوت معنی‌داری داشت. بر این اساس ریشه گونه درمنه به عنوان گونه غیرشورپسند و گونه گز به عنوان گونه شورپسند توان بیشتری برای ترسیب کربن دارند و ریشه گونه های اشنان، سنبله نمکی و بره تاغ در یک واحد معین، درصد کمتری از کربن را در خود ذخیره می کنند. در خصوص توان بالای درمنه در ترسیب کربن نتایج اخذ شده با نتایج جعفریان و همکاران (۱۳۹۱) و فروزه و همکاران (۱۳۸۷) تطابق دارد. ممکن است تفاوت در دو اکوسیستم درمنه‌زار به جهت شرایط رویشگاهی و اقلیمی و یا شرایط چرای دام (قرو و یا غیر قرق بودن مرتع) باعث ایجاد تفاوت معنی‌دار در میزان ترسیب کربن اندام‌های هوایی و زیرزمینی درمنه در دو محیط متفاوت شود که این موضوع نیاز به بررسی بیشتر دارد. در هر صورت اهمیت این گونه به عنوان یکی از گونه‌های مهم مراتع استپی کشور در میزان ترسیب کربن مهم و حیاتی است. اهمیت این موضوع با توجه به اینکه گونه درمنه دشتی بیشترین گستره رویشی را در بین همه گونه‌های مرتعی در کشور دارد، دو چندان می‌شود.

همچنین نتایج نشان داد که در چهار گونه شورپسند مورد بررسی، میزان کربن آلی در ریشه‌ها کمتر از سرشاخه‌ها بود به عبارتی ذخیره کربن در بیوماس هوایی بیشتر از بیوماس زیرزمینی بود. این موضوع با نتایج نقی پور و همکاران (۲۰۱۲) و عبدی و گایگانی (۲۰۱۵) مطابقت داشت. همچنین رشد تاج‌پوشش و بزرگی جثه تأثیری بر افزایش جذب کربن در واحد معینی از وزن ریشه ندارد. هم-چنان که ریشه درمنه به عنوان یک گونه بوته‌ای و با ارتفاع و حجم کمتر، بیشتر از گونه‌های شورپسند مورد بررسی موفق به جذب و ترسیب کربن شده است. به نظر می‌رسد ریشه گونه‌های هالوفیت خصوصا در اراضی با شوری زیاد، از قابلیت زیادی برای ترسیب کربن برخوردار نیست. این ریشه‌ها بیشتر به سمت سازگار شدن با محیط و استفاده از رطوبت با شرایط سخت پیش می‌روند لذا انتظار کمتری برای رشد عمقی و در نتیجه افزایش ذخیره و ترسیب کربن از آنها می‌رود.

بر اساس نتایج بدست آمده بیشترین میزان ترسیب کربن در گونه‌های مورد بررسی به ترتیب در سرشاخه‌ها، ریشه و خاک مشاهده شده است. لذا اهمیت بیوماس هوایی در مناطق شور از لحاظ ترسیب کربن بیشتر از بیوماس زیرزمینی بوده و در پروژه‌هایی با اهداف ترسیب کربن در مناطق شور، گیاهان با بیوماس هوایی بیشتر، در اولویت قرار می‌گیرند. این نتیجه با نتایج عبدی و همکاران

(۱۳۸۹) تطابق داشت.

در مناطق خشک و نیمه‌خشک بعلت عدم تکامل خاک، معمولاً بافت و ساختمان خاک‌ها شباهت زیادی به هم دارند. به نظر می‌رسد علت اصلی اختلاف در مقادیر پارامترهای خاک به جهت مقایسه خاک مناطق شور (رویشگاه گونه‌های گز، اشنان، بره تاغ و سنبله نمکی) با منطقه غیر شور (رویشگاه درمنه) است. به نحویکه کمترین مقادیر شوری، اسیدیته و کربن خاک مربوط به منطقه غیر شور بود. همچنین کمترین مقادیر رس و سیلت در خاک منطقه غیر شور مشاهده گردید در حالی‌که بیشترین مقدار شن نیز مربوط به همین منطقه بود. با توجه به ترکیب سه پارامتر شن، سیلت و رس در بافت خاک، بیشتر شدن مقدار شن امری بدیهی است. به نظر می‌رسد کاهش میزان رس در خاک منطقه غیرشور بر میزان ترسیب کربن تاثیر گذاشته، به نحویکه کمترین میزان کربن اندازه‌گیری شده در خاک منطقه غیرشور است که میزان رس کمتری را داراست. بافت خاک به ویژه درصد رس خاک از مهمترین عوامل تأثیرگذار بر ذخیره کربن خاک است، که خاکهای با رس بیشتر توانایی ذخیره کربن بیشتری را دارند. تحقیقات Bruce و همکاران (1999)، باقری قام و همکاران (۱۳۹۲) و قاسمی نجاد و صادقی (۱۳۹۷) نیز موید این مطلب است.

خاک پای بوته به عنوان منبع ترسیب کربن نسبت به تغییر پوشش گیاهی واکنش نشان می‌دهد. میزان کربن موجود در خاک زیر بوته درمنه کمترین مقدار و در خاک زیر بوته گز بیشترین مقدار را داشت. مقدار کربن ترسیب شده در خاک زیر بوته گز بیشترین مقدار ترسیب و سنبله نمکی کمترین مقدار ترسیب را داشت. میزان کربن اندازه‌گیری شده در خاک پای بوته گز بیشتر از سایر گونه‌های شورپسند بود. به نظر می‌رسد یکی از دلایل مهم ایجاد این اختلاف، میزان بیشتر بافت‌های چوبی و نیز لاشبرگ تولید شده توسط گز در مقایسه با سایر گونه‌های شورپسند است. در تحقیقات نفی‌پور و همکاران (۱۳۹۱) بر روی پوشش گیاهی مراتع نیمه‌خشک (سیساب بجنورد) مشخص گردید که ذخیره کربن در زیست توده زیرزمینی بیش از اندام هوایی است. آنان معتقدند هر چه اندام‌ها کم‌آبتر و درصد چوبی شدن بیشتر باشد، ضریب تبدیل بالاتر و میزان ذخیره کربن بیشتر خواهد بود. همچنین دیانتی و همکاران (۱۳۸۹) نیز با بررسی میزان ذخیره کربن در اندام‌های مختلف گونه‌های گیاهی بر نقش بیشتر ریشه‌ها نسبت به اندام هوایی در فرایند جذب و ذخیره کربن تأکید کردند. این اختلاف‌ها در نتایج مطالعات احتمالاً ناشی از تفاوت اقلیم مناطق مورد مطالعه، خصوصیات خاک، شرایط محیطی، ترکیب جامعه گیاهی و مدیریت‌های مختلف چرای است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

نتایج این پژوهش نشان داد که مجموع کربن ترسیب شده در حجم معینی از بوته درمنه و گز بیشتر از سایر گونه‌ها است. اشنان، سنبله نمکی و بره تاغ به‌ترتیب در رده‌های بعدی قرار گرفتند. با توجه به نتایج این پژوهش از نظر ترسیب کربن، در مناطق استپی گونه درمنه و در مناطق شور گونه گز، مناسب جهت طرح‌های اصلاح و توسعه مراتع می‌باشند. از آنجا که تمام گونه‌های شورپسند تقریباً در شرایط مشابهی از نظر ویژگی‌های خاک مستقر بودند، لذا در طرح‌های بیابانزدایی این مناطق، با هدف افزایش پوشش گیاهی مناطق تخریب شده به منظور کنترل گرد و غبار و ریزگردها، کاشت گونه گز در مقایسه با سایر گونه‌های شورپسند اولویت دارد. در مجموع گونه گز نسبت به سایر گونه‌های شورپسند مورد بررسی، قادر است حجم بیشتری از کربن موجود در فضا را جذب و ترسیب نماید. همچنین به دلیل حجم بالای بیوماس هوایی و تولید علوفه و نیز فرم رویشی درختچه‌ای (در جهت کاهش سرعت باد و جلوگیری از ایجاد گرد و غبار و ریزگرد)، این گونه می‌تواند به عنوان گونه گیاهی مناسب جهت پروژه‌های اصلاح مرتع در اراضی شور مد نظر قرار گیرد.

منابع

- بازگیر، مسعود؛ شادیوند، کیانوش و رستمی، علی. ۱۳۹۸. تأثیر درختچه گز *Tamarix ramosissima* بر ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی و ترسیب کربن خاک‌های بیابانی. مدیریت بیابان، ۷(۱۴): ۹۳-۱۰۶.
- جعفریان، زینب؛ طایفه، لیلا و تمرتاش، رضا. ۱۳۹۱. بررسی توان ذخیره کربن در سه گونه *Agropyron*، *Stipa barbata*، *Artemisia aucheri*، *elongatum* در مراتع نیمه خشک ایران (مطالعه موردی: منطقه پشرت کیاسر). مجله منابع طبیعی ایران (مرتج و آبخیزداری). ۶۵(۲): ۱۹۱-۲۰۲. زینب؛ س
- جعفری سرابی، حمزه؛ پيله ور، بابک؛ ابراری واجاری، کامبیز و واعظ موسوی، محمد. ۱۴۰۰. تغییرات ترسیب کربن و برخی ویژگی‌های خاک در تیپ‌های جنگلی زاگرس میانی (مطالعه موردی: جنگل‌های استان لرستان). بوم‌شناسی جنگل‌های ایران، ۹(۱۷): ۱۴۲-۱۵۱.
- شهبازی، کریم؛ مارزی، مصطفی؛ محمدی، اسدی؛ حسین، طلوعی؛ رویا؛ فتحی، ارژنگ و هاشمی نسب زواره، کبری. ۱۴۰۳. روش‌های تجزیه خاک نمونه‌برداری، روش‌های شیمیایی و فیزیکی. ۱۰۷۴ صفحه.
- طهماسبی، محمدعلی؛ عبدی، نوراله؛ احمدی، عباس و میرداوودی اخوان، حمیدرضا. ۱۳۹۰. مقایسه میزان ترسیب کربن خاک در تیپ‌های گیاهی تحت چرا و فرق *Atriplex canescence* در جنوب کویر میقان، دومین همایش ملی مقابله با بیابان زایی و توسعه پایدار تالاب‌های کویری ایران (اراک).
- عبدی، نوراله؛ عبدی، لیلا و طهماسبی، محمدعلی. ۱۳۸۹. برآورد میزان ترسیب کربن در پلایای میقان اراک، اولین همایش ملی مقابله با بیابان زایی و توسعه پایدار تالاب‌های کویری ایران (اراک).
- عبدی، نوراله و گایکانی، سعید. ۱۳۹۴. مقایسه کارایی گونه‌های بوته‌ای و درختچه‌ای دست کاشت و طبیعی در ترسیب کربن زیست توده (مطالعه موردی: اراضی بیابانی شمال غرب کویر میقان اراک). مجله تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۲۲(۱): ۱۰۸-۱۰۰.
- فروزه، محمدرحیم؛ حشمتی، غلامعلی؛ قنبریان، غلامعباس و مصباح، سید حمید. ۱۳۸۷. مقایسه توان ترسیب کربن سه گونه بوته‌ای گل آفتابی، سیاه گیته و درمنه دشتی در مراتع خشک ایران (مطالعه موردی: دشت گربایگان فسا). نشریه محیط‌شناسی، دوره ۳۴، شماره ۴۶، ص ۶۵-۷۲.
- قاسمی‌نژاد رائینی، مینا و صادقی، حسین. ۱۳۹۶. بررسی قابلیت ترسیب کربن در اندام‌های مختلف و خاک زیر اشکوب گونه‌های قیچ (*Zygophyllum atriplicoides*) و گروج (*Gymnocarpus decander*)، مطالعه موردی: مراتع صالح آباد هرمزگان، مجله تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۲۴(۴): ۶۹۹-۷۰۷.
- کریمی، علیرضا؛ باقری‌فام، صبا و شایسته زراعتی، حسین. ۱۳۹۴. قابلیت تاغ در ترسیب کربن آلی خاک در تپه‌های شنی سبزوار، نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار، ۵(۱): ۱۸۷-۲۰۰.
- مصادقی، منصور. ۱۳۹۴. مرتعداری در ایران، چاپ هفتم، انتشارات آستان قدس رضوی. ۳۲۸ ص
- مهدوی، علی، رضوی نیا، زهره، بازگیر، مسعود و رستمی نیا، محمود. ۱۳۹۸. تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر شاخص‌های کیفی و ترسیب کربن خاک در مناطق نیمه خشک. مهندسی اکوسیستم بیابان، ۸(۲۲): ۱۰۱-۱۱۳.
- نقی پور برج، علی اصغر؛ حیدریان آقاخانی، مریم و نصری، مسعود. ۱۳۹۱. بررسی ترسیب کربن خاک و زیتوده گیاهی در مراتع طبیعی و دست کاشت (مطالعه موردی: منطقه سیسپاب بجنورد). مجله پژوهش و سازندگی (پژوهش‌های آبخیزداری). ۱(۹۴): ۱۹-۲۶.
- وزیریان، رویا؛ عسگری، حمیدرضا و اونق، مجید. ۱۳۹۴. ارزیابی رابطه بین تراکم کشت آتریپلکس (*Atriplex halimus*) با میزان کربن ترسیب شده در خاک (مطالعه موردی: مراتع نیمه خشک اینچه برون، استان گلستان). مجله مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، ۶۸(۱): ۱۸۰-۱۷۳.
- یوسفیان، مانده. ۱۳۹۹. نقش درمنه کوهی (*Artemisia Aucheri*) در جذب کربن اتمسفری در مراتع استان سمنان. نخبگان علوم و مهندسی، ۵(۱): ۲۱۰-۲۱۴.

REFERENCES

- Abdi, N. & Gaygani, S., 2015. Efficiency comparison of planting and natural shrub and bush species in biomass carbon sequestration (Case study: northwest of Meyghan desert, Arak, Iran). Iranian Range and Desert Research. 22(1): 100-108. (In Persian).

- Abdi, N., Abdi, L. & Tahmasbi, M., 2010. Estimating the amount of carbon sequestration in Meyghan Arak playa. The first national conference on combating desertification and sustainable development of desert wetlands in Iran (Arak). (In Persian).
- Alizadeh, M., Mahdavi, M., Jouri, M.H., Mahdavi, S.KH., & Malekpour, B. 2011. Estimation of soil carbon sequestration in steppic rangelands (case study: steppe rangeland rudshur, saveh). *Rangeland*, 5(2), 163-170. (In Persian).
- Bagerifam, S., Karimi, A., Lakzian, A., and Izanloo, E. 2013. Effects of land use management on soil organic carbon, particle size distribution and aggregate stability along hill slope in semi-arid areas of northern Khorasan. *J. Soil Water Cons.* 20: 51-73.
- Bartlett, J. E., J. W. Kotrlík & C.C. Higgins, 2001. Organizational Research: Determining Appropriate Sample Size in Survey Research. *Journal of Information Technology, Learning, and Performance*, 19: 23-31.
- Bazgir, M., Shadivand, K. and Rostami, A. 2019. The effect of *Tamarix ramosissima* on the physicochemical properties and carbon sequestration of desert soils. *Desert Management*, 7(14). 106-93. (In Persian).
- Birdsey R, Heath I, Williams D, (2000) Estimation of Carbon Budget Model of the United State Forest Sector Advances in Terrestrial Ecosystem Carbon Inventory, Measurements and Monitoring Conference in Raleigh, North Carolina, October 3-5, 51-59
- Bouyoucos, G. J. (1962). Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils 1. *Agronomy Journal*, 54(5), 464-465.
- Bruce, J. P., Frome, M., Haites, E., Joanne, E., Lal, R. and Faustion, K., 1999. Carbon sequestration in soils. *Journal of Soil and Water Conservation*, First Quarter, 124-139.
- Castro H, Freitas H. 2009. Above-ground biomass and productivity in the montado: from herbaceous to shrub dominated communities. *Journal of Arid Environments* 73: 506–511.
- Daryanto, S., Eldridge, D.J. and Throop, H.L. 2013. Managing semi-arid woodlands for carbon storage: grazing and shrub effects on above-and belowground carbon. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 31(6): 1- 11.
- Dianati Tilaki, G.A., Naghipour, A.A., Tavakoli, Hossein, Heydarian Aghakhani, M., & Afkhamolshoara, M.R.. (2010). Influence of enclosure on carbon sequestration of soil and plant biomass in semi arid rangelands of north khorasan province. *Rangeland*, 3(4), 668-679.
- Forouzeh, M.R., Heshmati, Gh.A., Ghanbarian, Gh.A., & Mestah, S.H.. (2008). Comparing carbon sequestration potential of three shrub species *Heliantemum lippii*, *Dendrostellera lessertii* and *Artemisia sieberi* (case study: gareh bygone, fasa). *Journal of environmental studies*, 34(46), 65-72.
- Ghasemi Nejad raeeni, M., & Sadeghi, H., (2018). Evaluation of carbon sequestration in soil and plant organs of *Zygophyllum atriplicoides* and *Gymnocarpus decander* (Case study: Saleh-Abad, Hormozgan). *IRANIAN JOURNAL OF RANGE AND DESERT RESEARCH*, 24(4 (69)), 699-707. (In Persian).
- IPCC, 2006. IPCC Guide lines for National Greenhouse Gas Inventories; Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Program med.Japan: IPCC.
- Jafarian, Z., Tayefeh Seyyed Alikhani, L., & Tamartash, R., 2012. Investigation of Carbon Storage Potential of *Artemisia aucheri*, *Agropyron elongatum*, *Stipa barbata*, in Semi-arid Rangelands of Iran (Case study: Peshert Region, Kiasar). *Journal of Range & Watershed Management*. 65(2): 191-202. (In Persian).
- Jafari Sarabi, H., Pilehvar, B., Abrari Vajari, K. and Vaez Mousavi, S. M. 2019. Changes in carbon sequestration and some soil properties in forest types of the Middle Zagros (case study: forests of Lorestan province). *Ecology of Iranian Forests*, 9(17), 142-151. (In Persian).
- Kane, D. 2015. Carbon Sequestration Potential on Agricultural Lands: A Review of Current Science and Available Practices. In association with: National Sustainable Agriculture Coalition.1-15.
- Karimi, A.R., Bagherifam, S., & Shayesteh Zeraati, H. (2015). Capability of *Haloxylon* in carbon deposition in sand dunes of Sabzevar. *Electronic Journal of Soil Management And Sustainable Production*, 5(1), 187-200. (In Persian).
- MacDicken, K. G. (1997). A Guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agroforestry Projects. Winrock International Institute for Agricultural Development, Forest Carbon Monitoring Program
- Mahdavi, A., Razavinia, Z., Bazgir, M. and Rostaminia, M. 2019. The impact of land use changes on soil quality indicators and carbon sequestration in semi-arid regions. *Desert Ecosystem Engineering*, 8(22). 101-113. (In Persian).
- Mesadaghi, M. 2015. Pasture Management in Iran, 7th edition, Astan Quds Razavi Publications. 328 pp. (In Persian).
- Naghipour Borj, A.A., Haidarian Aghakhani, M., & Nasri, M. (2012). An investigation of carbon sequestration and plant biomass in modified rangeland communities (case study: Sisab rangelands of Bojnord). *Watershed Management Researches (pajouhesh-va-sazandegi)*, 25(1 (94)), 19-26. (In Persian).

- Quay, P., Sonnerup, R., Westby, T., Stutsman, J. and Mc Nichol, A., 2003. Changes in the C-13/C-12 of dissolved inorganic carbon in the ocean as a tracer of anthropogenic Co₂ uptake. *Global Biogeochemistry Cycle*, 17: 34-43.
- Shahbazi, K., Marzi, M., Mohammadi, M., Asadi, H., Toloui, R. and Hashemi Nasab Zavareh, M. 2024. Methods of soil analysis, sampling, chemical and physical methods. 1074 pages. (In Persian).
- Su, Y.Z., Xue, F.W., Rong, Y., and Jaehoon, L. 2010. Effects of sandy desertified land rehabilitation on soil carbon sequestration and aggregation in an arid region in china, *J. Environment Management*, 91: 2109-2116.
- Tahmasbi, M., Abdi, N., Ahmadi, A. & Akhavan, A., 2011. Comparison of soil carbon sequestration in plant types of *Atriplex canescence* under grazing and exclosure in the south of Meyghan desert. The second national conference on combating desertification and sustainable development of desert wetlands in Iran (Arak). (In Persian).
- Walkley A. 1974. A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils- effect of variations in digestion conditions and inorganic soil constituents. *Soil Science* 63: 251-264
- Vazirian, R., Asgari, H., Ownegh, M. & Komaki Chooghi, B. (2015). Evaluating the relationship between *Atriplex halimus* density with soil carbon sequestration (case study: semi-arid rangeland of incheborun, golestan province). *Journal of range and watershed management (iranian journal of natural resources)*, 68(1), 173-180. (In Persian).
- Wang, Y., Bojie F., Yihe L., and Liding C. 2011. Effects of vegetation restoration on soil organic carbon sequestration at multiple scales in semi-arid Loess Plateau, China, *J. Catena*, 85: 58-66.
- Yousefian, M. 2019. The role of *Artemisia Aucheri* in atmospheric carbon sequestration in the rangelands of Semnan province. *Elites in Science and Engineering*, 5(1). 214-210. (In Persian).

دانشگاه
ایران