

ارزیابی توان ذخیره کربن گونه‌های شورروی *Tamarix Tamarix aphylla Suaeda fruticosa* و *Alhagi camelorum* و *Artemisia sieberi* و *leptoptala* گونه غیر شورروی

داریوش قربانیان^۱، احسان زندی اصفهان^{۲*}، محمد امیرجان^۳ و ابوالفضل نجاتیان^۳

۱- مربی پژوهشی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سمنان، ایران
 ۲- نویسنده مسئول، دانشیار پژوهشی، بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

پست الکترونیک: Zandiesfahan@gmail.com

۳- کارشناس پژوهشی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سمنان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۲۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۰۵

چکیده

به منظور بررسی و مقایسه توان ترسیب کربن گیاهان شورپسند و اولویت‌بندی و معرفی آنها برای احیاء اراضی شور، گونه های *Alhagi camelorum DC* به عنوان گونه‌های شورروی و گونه *Artemisia sieberi* Besser به عنوان گونه غیرهالوفیت در مناطق خشک انتخاب شدند. پس از انتخاب سایت جنوب گرمسار در سال ۹۶، لیست فلورستیک آنها تعیین شد. سپس در زمان رشد حداکثری گیاهان، از اندام‌های هوایی، زیرزمینی و خاک زیر بوته‌ها و بین بوته‌ها، تعداد ۱۰ نمونه برداشت شد. نمونه‌ها پس از آماده‌سازی به آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور منتقل و مقدار کربن آلی نمونه‌های سرشاخه و ریشه و مقدار کربن آلی، هدایت الکتریکی، اسیدیته و بافت نمونه‌های خاک تعیین گردید. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نشان داد که میانگین درصد کربن ذخیره شده در سرشاخه و ریشه *A. camelorum* برابر ۸۶/۸۶ درصد، *T. leptoptala* برابر ۸۵/۳ درصد، *T. aphylla* برابر ۸۱/۴۹ درصد، *S. fruticosa* برابر ۸۶/۲۲ درصد و *A. sieberi* برابر ۸۸/۸۳ درصد است. بنابراین *A. sieberi* بیشترین مقدار ذخیره کربن در واحد حجم را دارد. میانگین کربن موجود در خاک زیر بوته *A. camelorum* برابر ۰/۷۸ درصد، *T. leptoptala* برابر ۱/۰۸۷ درصد، *T. aphylla* برابر ۰/۶۲ درصد، *S. fruticosa* برابر ۰/۸۴ درصد و *A. sieberi* برابر ۰/۵۵ درصد تعیین شد. بر اساس نتایج، میزان تولید *A. camelorum* ۵۸/۷ کیلوگرم در هکتار، *T. leptoptala* ۱۶۰/۹۲ کیلوگرم در هکتار، *T. aphylla* ۳۵۷۳ کیلوگرم در هکتار، *S. fruticosa* ۱۵/۲۵ کیلوگرم در هکتار و *A. sieberi* ۸۰/۱ کیلوگرم در هکتار برآورد شده است. بنابراین در شرایط یکسان اکولوژیکی، گونه *T. aphylla* قادر است حجم بیشتری از کربن موجود در فضا را جذب و ترسیب کند. بر همین اساس، مقدار کربن ترسیب شده در خاک زیر بوته *A. camelorum* ۳۲/۹ تن در هکتار و در خاک بین بوته‌ها ۲/۹۱ تن در هکتار، مقدار کربن ترسیب شده در خاک زیر بوته *T. leptoptala* ۴۱/۶ تن در هکتار و در خاک بین بوته‌ها ۲/۹۴ تن در هکتار، مقدار کربن ترسیب شده در خاک زیر بوته *T. aphylla* ۲۲/۸ تن در هکتار و در خاک بین بوته‌ها ۲/۵۸ تن در هکتار، مقدار کربن ترسیب شده در خاک زیر بوته‌های *S. fruticosa* ۲۷/۹ تن در هکتار و در خاک بین بوته‌ها ۲/۳۲ تن در هکتار و مقدار کربن ترسیب شده در خاک زیر بوته‌های *A. sieberi* ۳۴/۲ تن در هکتار و در خاک بین بوته‌ها ۴/۲ تن در هکتار محاسبه و برآورد شد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، گونه *T. aphylla* بعلاوه دارا بودن بیشترین میزان تولید، بیشترین میزان ترسیب کربن را دارد. واژه‌های کلیدی: گیاهان هالوفیت، مناطق شور، کویر گرمسار، ترسیب کربن.

مقدمه

مرتع ایران حدود ۸۴/۷ میلیون هکتار وسعت دارد. بیش از نیمی از عرصه حیاتی کشور را مراتع دربر گرفته است و مطالعات مختلفی در ارتباط با کارکردهای زیست محیطی مرتع از جمله توان ترسیب کربن گیاهان مرتعی انجام شده است (Forest and Watershed, Range, ۲۰۰۴, Management Organization). با این حال، مراتع کویری و بیابانی در ایران با وسعت تقریبی ۱۶ میلیون هکتار، به دلیل شرایط خاص و پوشش گیاهی ویژه‌ای که دارند کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. یکی از ویژگی‌های مراتع بیابانی، وجود اراضی شور و گیاهان شورروی است. تعداد گیاهان شورروی در ایران ۳۶۵ گونه گزارش شده که در ۱۵۱ جنس و ۴۴ خانواده، قادرند در اراضی شور رشد موفقی داشته باشند (Zandi Esfahan, 2013). Castro و Fretias (۲۰۰۹) 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 در مقایسه با علفی‌ها دارند. بنابراین، احیاء اراضی شور و زمین‌های تخریب شده با گیاهان بوته‌ای می‌تواند منجر به تجمع بیشتر کربن گردد و از این نظر دارای توجیه است. Herman و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی اثرهای بلندمدت مدیریت پوشش گیاهی بر میزان بیوماس چهار گونه مخروطی در شمال غربی ایالات متحده پرداخته و به تأثیر آن بر افزایش بیوماس اذعان کردند. SU و همکاران (۲۰۱۰) در تحقیقی با تأکید بر اهمیت مطالعه کارکردهای مختلف گیاهان در مراتع کویری و بیابانی، ابراز داشتند که احیاء بیولوژیک اراضی بیابانی باعث افزایش قابلیت ترسیب کربن خاک می‌شود. Zhenghu و همکاران (۲۰۰۴) ویژگی‌های خاک را در شن‌زارهای تثبیت شده صحرای تنگو چین بررسی کرده و نتیجه گرفتند که احیاء زمین‌های شور و اراضی تخریب‌شده از طریق کشت و استقرار گونه‌های گیاهی نخبه باعث افزایش قابل توجه کربن آلی خاک می‌شود. Mahmoudi و همکاران (۲۰۱۳) توان ترسیب کربن خاک را در انواع کاربری اراضی بررسی کردند.

نتایج آنان نشان داد تبدیل دیمزارهای کم بازده به مرتع دست کاشت باعث افزایش معنی‌دار کربن خاک می‌گردد، به طوری که ترسیب کربن خاک در مرتع دست کاشت با میزان آن در مرتع طبیعی اختلاف معنی‌داری نداشت. Karimi و همکاران (۲۰۱۴) قابلیت تاغ در ترسیب کربن آلی خاک را در تپه‌های شنی سبزوار بررسی کردند. نتایج آنان نشان داد که کشت تاغ در مناطق بیابانی نقش شگرفی در ترسیب کربن آلی ایفا می‌کند. Naghipour Borj و همکاران (۲۰۱۲) با مقایسه توان ترسیب کربن خاک و زیتوده گیاهی سه گونه مرتعی *Agropyron elangatum* و *Agropyron desertorum* و *Kochia prostrata* در سیسب بجنورد، نتیجه گرفتند که گونه *Kochia prostrata* توان ترسیب کربن بیشتری در مقایسه با سایر گونه‌ها دارد. همچنین نشان دادند که مرتع طبیعی دارای بیشترین و تناوب گندم- آیش دارای کمترین میزان ذخیره کربن بودند. Foruozeh و همکاران (۲۰۰۸) با مقایسه توان ترسیب کربن سه گونه بوته‌ای *Helianthemum lippii* و *Dendrostellera lessertii* در مراتع خشک ایران (دشت گربایگان فسا)، نتیجه گرفتند که میزان ترسیب کربن در سه گونه مذکور اختلاف معنی‌داری داشت (در سطح ۱٪)، به طوری که بیشترین توان ترسیب کربن در منطقه برای گونه درمنه دشتی بدست آمد. همچنین ترسیب کربن بین اندام هوایی و زیرزمینی تفاوت آماری معنی‌داری نشان داد. Gholami و همکاران (۲۰۱۴) با مقایسه توان ترسیب کربن دو گونه *Atriplex canescence* و *Hulthemia persica* در نودهک قزوین نتیجه گرفت که توان ترسیب کربن در آتریپلکس ۲۷/۱ برابر ورک بود. برخی محققان توان ذخیره کربن سه گونه *Stipa aucheri* و *Agropyron elongatum barbata* را در مراتع نیمه‌خشک منطقه پشرت کیاسر بررسی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که میزان ذخیره کربن در سه گونه و اندام‌های سه‌گانه (ریشه، ساقه و برگ) گونه‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری داشت و گونه *Artemisia aucheri* بیشترین توان ذخیره کربن را در منطقه دارا بود. همچنین نتایج Schuman و Mortenson

میانگین ترسیب کربن خاک پای هر سه گونه گیاهی در ارتفاع ۲۰۰۰-۱۸۰۰ بعد ارتفاع ۱۸۰۰-۱۶۰۰ و کمترین میانگین ترسیب کربن خاک در طبقه ارتفاعی ۱۶۰۰-۱۴۰۰ مشاهده شد. نتایج ترسیب کربن خاک پای هر سه گونه در اعماق مختلف خاک نشان داد که بیشترین میانگین ترسیب کربن در عمق اول (۳۰-۰ cm) بود و هر چه عمق خاک افزایش می‌یابد از میزان ترسیب کربن خاک کاسته می‌شود. هدف از این مطالعه، بررسی توان گیاهان شورروی در کاهش اثر گازهای گلخانه‌ای و تعدیل پیامدهای تغییر اقلیم است. بدین منظور، توان ترسیب کربن تعدادی از گونه‌های موجود در مناطق شور استان سمنان، بررسی و با یکدیگر مقایسه شد. همچنین، اولویت‌بندی گیاهان شورروی و معرفی آنها در احیاء اراضی شور بر اساس بیشترین توان ترسیب کربن از دیگر اهداف این مطالعه بود.

مواد و روش‌ها

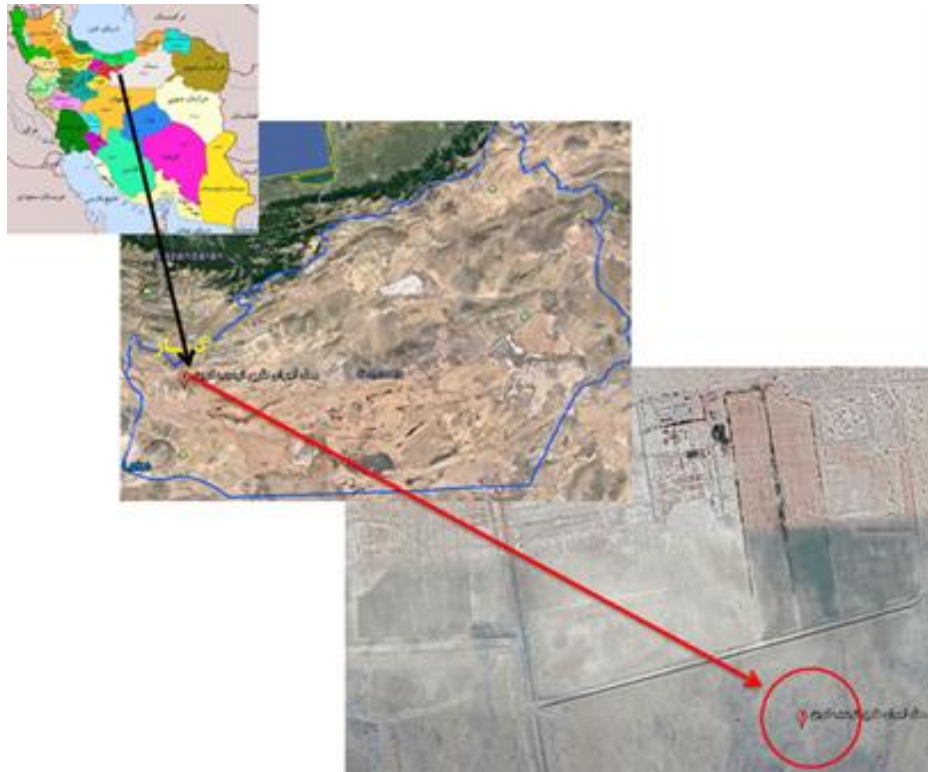
مشخصات محل اجرای طرح: جنوب ایستگاه تحقیقات بیابان نورالدین آباد گرمسار در استان سمنان؛ عرصه مورد مطالعه در ۲۰ کیلومتری جنوب شرقی گرمسار و در حد فاصل طول جغرافیایی "۲۲' ۵۲° تا "۲۲' ۲۲' ۵۲° و عرض جغرافیایی "۲۱' ۸' ۳۵° تا "۴۳' ۵' ۰۷' ۳۵° قرار دارد. منطقه نسبتاً هموار بوده و ارتفاع از سطح دریای آن بین ۷۹۹ تا ۸۰۲ متر و حداکثر شیب که جهت آن شمالی- جنوبی است از ۱ تا ۳ در هزار تجاوز نمی‌کند. متوسط بارندگی سالانه طی سال‌های انجام مطالعه بر اساس آمار ایستگاه هواشناسی گرمسار ۷۷/۹۵ میلیمتر و بیشتر به صورت باران پاییزه، زمستانه و بهاره و با پراکنش نامناسب اتفاق افتاده است. دمای متوسط منطقه ۱۸/۵ درجه سانتیگراد بوده و دوران خشکی تقریباً ۸/۵ ماه و از ماه فروردین شروع و تا اوایل آذر ادامه دارد. اقلیم منطقه بر اساس روش دومارتن اصلاح شده خشک بیابانی تشخیص داده شده است. متوسط تبخیر سالانه ۲۷۱۰/۸ میلیمتر می‌باشد. خاک این منطقه در زیررده Salisols قرار دارد. اسیدیته خاک بیش از ۸ و شور و قلیایی است. دارای

(۲۰۰۲) نشان داد که کربن ذخیره شده در خاک گونه درمنه کوهی بیشتر از دو گونه دیگر بود. البته تفاوت گونه‌های گیاهی در ترسیب کربن توسط سایر محققان نیز گزارش شده است. Alizadeh و همکاران (۲۰۰۹) توان ترسیب کربن گونه درمنه دشتی را در مراتع استپی رودشور ساوه بررسی کرده و نشان دادند که ترسیب کربن بین اندام‌های هوایی، اندام زیرزمینی و لاشبرگ متفاوت است، به طوری که سهم کربن اندام زیرزمینی (ریشه) بسیار کمتر از کربن بیوماس هوایی گزارش شد. Abdi و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی قابلیت گونزارها در ترسیب کربن در استان مرکزی، مقادیر کربن در بیوماس هوایی و زیرزمینی، لاشبرگ و خاک را اندازه‌گیری و نتیجه گرفتند که ذخیره کربن در بیوماس اندام های هوایی بیش از ریشه‌ها بود. Naghipour Borj و همکاران (۲۰۱۰) ترسیب کربن خاک و زیتوده گیاهی را در مراتع نیمه‌خشک سیسباج بجنورد مطالعه کرده و نشان دادند در کل ذخیره کربن در زیتوده زیرزمینی بیش از زیتوده هوایی بود. برخی محققان با بررسی میزان ترسیب کربن *Atriplex lentiformis* در مراتع اصفهان، سهم ترسیب کربن اندام هوایی، ریشه و خاک را به ترتیب ۸۸٪، ۱۱٪ و ۰/۸٪ گزارش نمودند. البته سهم متفاوت اندام‌های گیاه در ذخیره کربن توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (Forouzeh *et al.*, 2008). در منابع به این موضوع نیز اشاره شده است که شرایط رویشگاهی (اکوتیپ) بر توان ترسیب کربن گونه‌های گیاهی یکسان اثرگذار است. برای نمونه، Yong و همکاران (۲۰۰۳) تأثیر شرایط رویشگاهی بر ترسیب کربن را در گراسلندهای تخریب شده مغولستان مطالعه کردند و نتیجه گرفتند که تغییر شرایط رویشگاهی به طور مستقیم سبب تغییر میزان ترسیب کربن در واحد سطح می‌شود. Ariapour و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی نقش و تأثیر عامل توپوگرافی (ارتفاع) در توان ترسیب کربن خاک پای گونه‌های گیاهی مورد مطالعه در سه عمق مختلف، به این نتیجه رسیدند که ترسیب کربن خاک پای زیست توده گیاهی رابطه مستقیم با ترسیب کربن زیست توده دارد. در بین سه طبقه ارتفاعی در هر سه گونه گیاهی مورد بررسی بیشترین

ارزش غذایی کمی دارند. مهمترین گیاهان همراه تیپ عبارتند از:

Halostachys Sueda fruticosa, *Cynodon dactylon*
Prosopis stephaniana, *Tamarix sp. caspica*

ساختمان ریزدانه و بافت رسی - شنی و همراه با رس، سیلت و یون‌های سدیم همراه با سولفات می‌باشد. تیپ غالب منطقه گیاهان منطقه بیشتر هالوفیت و مقاوم به خشکی و شوری و



شکل ۱- محل اجرای طرح در استان سمنان و موقعیت آن در کشور

Figure 1- The location of the project in Semnan province and in country

ترانسکت ۱۰۰ متری تعیین شد. سپس روی ترانسکت با فاصله هر ۱۰ متر یک پلات ۲ مترمربعی (۱۰ پلات) برقرار و با روش تصادفی سیستماتیک درصد تاج پوشش گیاهی، درصد لاشبرگ و درصد سنگ و سنگریزه و خاک لخت تعیین گردید. مقدار تولید نیز با روش قطع و توزین اندازه گیری شد (Moghaddam, 2014). تراکم *T. leptopetala* از روش نزدیکترین همسایه و با استفاده از فرمول $D = 1000/r(d^2)$ اندازه‌گیری گردید. در این فرمول D تراکم در هکتار، d میانگین اندازه‌گیری شده بین دو گیاه و r عدد ثابت $1/67$ است. با ثبت قطر بزرگ و کوچک ۲۰ پایه، درصد پوشش با روش مقایسه‌ای فیتوماس اندازه‌گیری

روش بررسی

گونه‌های منتخب برای مطالعه عبارت بود از: *Suaeda fruticosa* Forssk. ex J.F.Gmel (شورسیاه)، *Tamarix leptopetala* Bunge (گز طبیعی)، *Tamarix aphylla* (L.) H.Karst. (گز دست‌کاشت)، *Alhagi camelorum* DC (خارشتر) و *Artemisia sieberi* Besser (درمنه دشتی). برای ارزیابی گونه‌های مورد نظر و تعیین میزان واقعی ترسیب کربن در مقایسه با سایر گونه‌های غیرشورپسند، گونه *A. sieberi* انتخاب شد. روش مطالعه پوشش گیاهی بر اساس نوع فنوتیپ گونه‌ها تعیین شد. بر این اساس، برای گونه‌های *S. fruticosa* و *A. camelorum* ابتدا یک

تراکم آن ۵۰/۳ پایه در هکتار، فیتوماس آن برابر ۵۳۶/۴ کیلوگرم در هکتار و تولید سال جاری آن برابر ۱۶۰/۹۲ کیلوگرم در هکتار تعیین شد.

T. aphylla: تراکم آن ۶۰۰ پایه در هکتار، فیتوماس آن ۱۱۹۱۰ کیلوگرم در هکتار، اندازه تاج پوشش متوسط یک پایه آن ۳/۳۵ مترمربع و تولید سال جاری آن برابر ۳۵۷۳ کیلوگرم در هکتار است.

A. sieberi: (سایت غیرشور) تراکم آن ۱۱۰۰۰ بوته در هکتار، درصد پوشش ۳/۲ درصد و تولید سال جاری آن برابر ۸۰/۱ کیلوگرم در هکتار برآورد شد.

نتایج تجزیه آزمایشگاهی و تعیین میزان کربن سرشاخه و ریشه نمونه‌های گیاهی و خاک:

۱- نتایج میزان کربن سرشاخه نمونه‌های گیاهی:

نتایج حاصل از تجزیه واریانس درصد میزان کربن موجود در سرشاخه‌های پنج گونه مورد بررسی نشان می‌دهد که بین تیمارهای مختلف شامل مقدار معینی از سرشاخه‌های *T. aphylla*، *A. camolorum* و *S. fruticosa leptopetala* تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. همچنین بین تکرارها نیز تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. این عدم معنی‌داری نشان می‌دهد که سرشاخه‌ها به تنهایی تأثیر متفاوتی بر میزان ترسیب کربن ندارند (جدول ۱). به عبارت دیگر، میزان ترسیب کربن توسط سرشاخه‌ها در حجم و مقدار مساوی، تفاوت معنی‌داری با هم ندارند. از نظر گروه‌بندی دانکن نیز، هم تیمارها و هم تکرارها هر یک به‌طور مجزا در یک گروه قرار می‌گیرند. نکته قابل توجه اینکه با وجود عدم تفاوت معنی‌دار در میزان کربن سرشاخه‌ها، اما بررسی میانگین‌ها نشان داد که بیشترین مقدار کربن در سرشاخه‌های *T. leptopetala* و کمترین مقدار در *T. aphylla* است. بنابراین به نظر می‌رسد کاشت و استقرار گونه‌های بومی *T. leptopetala* اثر بیشتری بر ترسیب کربن خواهد داشت. البته میانگین درصد کربن در تکرارها بهم نزدیک بود که این موضوع طبیعی است.

۲- نتایج حاصل از تجزیه آماری درصد کربن ریشه

شد. برای تعیین فیتوماس *T. aphylla*، از روش مقایسه‌ای ۱۰ اصله به‌صورت تصادفی استفاده شد و برای محاسبه درصد پوشش از روش اندازه‌گیری قطر کوچک و بزرگ ۱۰ پایه اقدام گردید (Arzani and Abedi, 2015).

نمونه‌برداری از گیاه و خاک برای تعیین میزان کربن ترسیب شده، در فصل رشد حداکثری گیاهان شورروی به روش تصادفی-سیستماتیک در سایت مورد مطالعه انجام شد. به همین منظور در فصل رشد حداکثری گیاهان که در این منطقه از اواسط اردیبهشت آغاز می‌شود، ابتدا ۱۰ پایه از گونه‌های مورد نظر (تیمار) در سه تکرار به‌طور تصادفی انتخاب و بعد از اندام‌های هوایی (سرشاخه) و زیرزمینی (ریشه) به مقدار تقریبی ۲ کیلوگرم قطع شده و پس از خشک شدن تبدیل به پودر شدند. نمونه‌های پودر شده کدگذاری شده و به آزمایشگاه ارسال و درصد کربن آن تعیین شد. میزان کربن آلی، هدایت الکتریکی، اسیدیته و بافت نمونه‌های خاک نیز تعیین گردید. آزمون معنی‌داری میزان کربن ترسیب شده در اندام‌های گیاهی (هوایی و زیرزمینی) و خاک با استفاده از تجزیه و تحلیل واریانس و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد.

نتایج

نتایج پوشش گیاهی:

A. camolorum: درصد پوشش این گونه برابر ۵/۳۵ درصد، لاشبرگ ۸/۱ درصد، سنگ و سنگریزه صفر درصد و خاک لخت ۸۳/۲۷ درصد و تراکم گونه مذکور ۶۵۰۰ در هکتار و تولید سال جاری آن ۵۸/۷ کیلوگرم در هکتار برآورد شد.

S. fruticosa: درصد پوشش این گونه ۲/۱۸ درصد، لاشبرگ ۸/۱ درصد، سنگ و سنگریزه صفر درصد، خاک لخت ۸۳/۲۷ درصد و تراکم گونه مذکور ۱۵۰۰ پایه در هکتار و تولید سال جاری آن ۱۵/۲۵ کیلوگرم در هکتار تعیین شد.

T. leptopetala: درصد پوشش آن ۱/۶۱ درصد،

نمونه‌های گیاهی:

گروه اول، تیمار ۱ و ۴ در گروه ۲ و تیمار ۴ و ۵ در گروه ۳ طبقه‌بندی شد.

بر این اساس ریشه گونه‌های *A. sieberi* به عنوان گونه غیرشورروی و *S. fruticosa* به عنوان گونه شورروی توان بیشتری برای ترسیب کربن دارند و ریشه گونه‌های *T. leptopetala* و *T. aphylla* در یک واحد معین، درصد کمتری از کربن را در خود ذخیره می‌کند (جدول ۱). البته بین تکرارها تفاوت معنی‌دار بین میزان کربن اندازه‌گیری شده مشاهده نشد که این موضوع طبیعی است.

نتایج تجزیه واریانس درصد میزان کربن موجود در ریشه‌های پنج گونه مورد بررسی نشان می‌دهد که بین تیمارهای مختلف شامل ریشه‌های *T. A. camelorum*، *S. fruticosa*، *T. leptopetala*، *aphylla* در سطح ۱٪ تفاوت معنی‌دار وجود دارد. از این رو میزان توان ترسیب کربن ریشه‌ها با هم متفاوت است. اما بین تکرارها تفاوتی بین میزان ترسیب کربن وجود ندارد که البته نتیجه منطقی است. بر اساس گروه‌بندی دانکن تیمار ۳، ۲ و ۱ در

جدول ۱- تجزیه واریانس درصد کربن موجود در گیاه و خاک گونه‌های مورد بررسی

Table 1- Variance analysis of the percentage of carbon in the plant and soil of the examined species

میانگین مربعات Mean square									
Clay	Silt	Sand	pH	EC	کربن خاک Soil carbon	کربن ریشه Root carbon	کربن سرشاخه shoots carbon	درجه آزادی df	منابع تغییرات Sources
*70.983	227.387	100.839	**0.222	1575.502**	0.131*	50.775**	26.989	4	تیمار (نوع گونه) treatment (species type)
23.316	31.463	222.744	0.004	759.667	0.041	13.378	1.956	2	تکرار repetition
16.158	141.562	195.445	0.005	199.173	0.029	6.528	14.608	8	خطا error

** احتمال معنی‌دار بودن در سطح ۱٪ * احتمال معنی‌دار بودن در سطح ۵٪

۳- نتایج حاصل از تجزیه خاک:

EC در این تیمار، احتمالاً آبیاری درختان *Tamarix* طی مراحل کاشت و استقرار است. البته تیمار ۱ و ۴ شامل *A. camelorum* و *S. fruticosa* نیز در گروه ۲ طبقه‌بندی شد، زیرا از نظر عرصه دارای پراکنش به تیمار ۳ نزدیک بود. در نهایت تیمار ۲ بیشترین میزان املاح خاک را دارد و همراه با تیمارهای ۱ و ۴ در گروه ۳ طبقه‌بندی شده است. اما بین تکرارها این اختلاف معنی‌دار نشد که البته موضوعی بدیهی بود (جدول ۱). البته در گروه‌بندی دانکن تکرارها در دو گروه طبقه‌بندی شدند. به نحوی که اختلاف در تیمار ۲ و ۱ بیشتر بوده و تیمار سه در هر دو گروه مشترک است.

۳-۱- EC: نتایج حاصل از تجزیه آماری میزان EC اندازه‌گیری شده در خاک زیر بوته‌ها نشان می‌دهد که بین هر پنج تیمار در سطح ۱٪ اختلاف معنی‌دار وجود دارد. به عبارت دیگر، با احتمال ۹۹٪ بین شوری خاک پنج تیمار مورد بررسی اختلاف وجود دارد (جدول ۱). این نتیجه با گروه‌بندی دانکن مشخص و محرز شده است. به طوری که تیمار ۵ به عنوان تیمار گونه غیرشورپسند کمترین میانگین EC را داشته و به طور مجزا در یک گروه قرار گرفت. سپس تیمار *T. aphylla* در گروه ۲ طبقه‌بندی شد. علت کاهش

۴- نتایج حاصل از تجزیه درصد کربن خاک:

نتایج حاصل از تجزیه واریانس درصد میزان کربن موجود در خاک اطراف بوته پنج گونه مورد بررسی نشان می‌دهد که بین تیمارهای مختلف شامل خاک پای بوته *A. sieberi* و *T. leptopetala* در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری وجود دارد. این نتیجه مؤید این است که خاک پای بوته به عنوان منبع ترسیب کربن نسبت به تغییر پوشش گیاهی واکنش نشان می‌دهد. بر اساس گروه‌بندی دانکن، میزان کربن موجود در خاک پای بوته *A. sieberi* کمترین مقدار و خاک زیر بوته *T. leptopetala* بیشترین مقدار کربن را دارد. به نظر می‌رسد دیرزیستی *T. leptopetala* نقش مستقیمی بر میزان ترسیب کربن در خاک پای بوته ایفا می‌کند. میزان کربن اندازه‌گیری شده در خاک پای بوته *T. leptopetala* تقریباً دو برابر خاک پای بوته *A. sieberi* است. نکته قابل توجه کاهش ترسیب کربن در خاک پای *T. aphylla* است. *A. camelorum* و *S. fruticosa* نیز در زیرگروه ۱ و ۲ مشترک هستند. علت آن را می‌توان در کاشت نهال و آبیاری و مدت زمان اندک حضور *T. aphylla* در منطقه دانست (جدول ۱).

۵- نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های درصد کربن سرشاخه، ریشه و خاک:

مقایسه مجموع درصد کربن ذخیره شده در سرشاخه، ریشه و خاک پای بوته نشان داد که بیشترین ذخیره‌سازی مربوط به بوته *A. sieberi* سپس *A. camelorum*، *T. leptopetala*، *S. fruticosa* و در نهایت *T. aphylla* می‌باشد. در خاک پای بوته نیز بیشترین میزان ترسیب کربن مربوط به *T. leptopetala* سپس *S. fruticosa*، *A. camelorum*، *T. aphylla* و در نهایت *A. sieberi* است (جدول ۲).

۳-۲- pH: نتایج حاصل از تجزیه آماری میزان pH

اندازه‌گیری شده در خاک زیر بوته‌ها نشان می‌دهد که بین پنج تیمار مورد بررسی در سطح ۱٪ اختلاف معنی‌دار وجود دارد. با مقایسه آنها در گروه‌بندی دانکن، مشخص شد که اختلاف اساسی بین تیمار ۵ با سایر تیمارهاست. البته بین تکرارها اختلافی مشاهده نشد و در گروه‌بندی دانکن هر سه در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۱). اما با بررسی میانگین‌ها، تفاوت محسوسی بین تیمار ۱ با سایر تیمارها وجود دارد. خاک در تیمار ۱ اسیدیته خاک به سمت اسیدی است اما در تیمارهای دیگر به‌ویژه تیمار ۲ و ۴ به سمت قلیایی پیش می‌رود.

۳-۳- Sand: نتایج حاصل از تجزیه آماری میزان

Sand موجود در بافت خاک نشان می‌دهد که بین تیمارها و تکرارها تفاوت معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. از این رو در گروه‌بندی دانکن نیز تفاوتی مشاهده نمی‌شود و همه تیمارها و تکرارها در یک گروه طبقه‌بندی می‌شوند (جدول ۱). با توجه به بافت خاک منطقه اجرای طرح، میزان Sand کمی مشاهده می‌شود.

۳-۴- Silt: نتایج نشان می‌دهد که بین درصد سیلت در

تیمارها و تکرارها تفاوت معنی‌دار وجود ندارد. از این رو نتایج حاصل از گروه‌بندی دانکن نیز نشان داد که بین تیمارها و تکرارها تفاوت معنی‌دار وجود ندارد (جدول ۱).

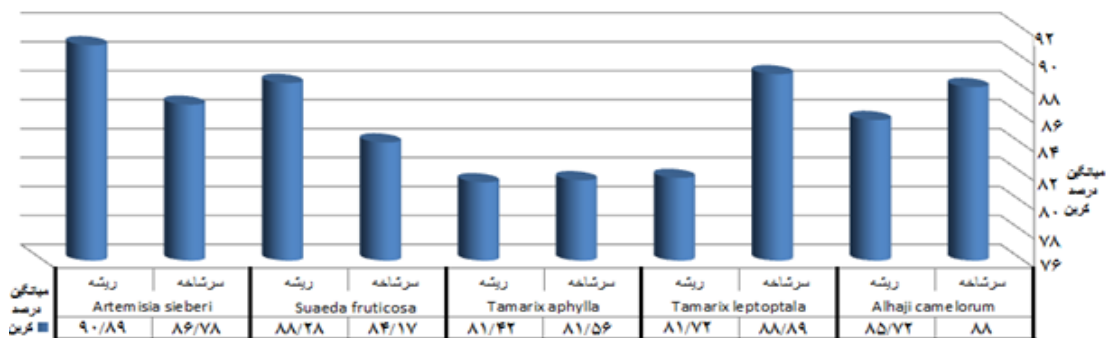
۳-۵- Clay: نتایج حاصل از تجزیه آماری میزان

اندازه‌گیری شده در خاک زیر بوته‌ها نشان می‌دهد که بین مقادیر اندازه‌گیری شده رس در تیمارهای مختلف در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌دار مشاهده می‌شود. نتایج حاصل از گروه‌بندی دانکن نیز نشان داد که بین تیمارها این تفاوت معنی‌دار است. به طوری که در سه گروه طبقه‌بندی شدند. بیشترین میزان رس در تیمار ۵ (*A. sieberi*) در تیمار غیرشور و کمترین آن در تیمار ۱ (*A. camelorum*) در تیمار منطقه شور (مشاهده شد (جدول ۱).

جدول ۲- درصد کربن موجود در سرشاخه، ریشه و خاک گونه‌های مورد بررسی

Table 2- The percentage of carbon in the shoots, roots and soil of the studied species

Artemisia sieberi	Suaeda fruticosa	Tamarix aphylla	Tamarix leptoptala	Alhagi camelorum	نام گونه species name
86.87	84.17	81.56	88.89	88	سرشاخه head shoots
90.89	88.28	81.42	81.72	85.72	ریشه Root
0.55	0.84	0.62	1.087	0.78	خاک Soil



شکل ۲- مقایسه میزان کربن اندازه‌گیری شده در مقدار معینی از سرشاخه و ریشه گونه‌های مورد بررسی

Figure 2- Comparison of the amount of carbon measured in a certain amount of the shoots and roots of the studied species

جدول ۳- مقدار کربن محاسبه شده در خاک زیر بوته و بین بوته گونه‌های مورد بررسی (تن در هکتار)

Table 3- The amount of carbon calculated in the soil under and between bushes of the studied species (tons per hectare)

Artemisia sieberi	Suaeda fruticosa	Tamarix aphylla	Tamarix leptoptala	Alhagi camelorum	نام گونه species name
34.2	27.9	22.8	41.6	32.9	مقدار کربن در خاک زیر بوته The amount of carbon in the soil under the plant
4.2	2.32	2.58	2.94	2.91	مقدار کربن در خاک بین بوته The amount of carbon in the soil between plants
38.4	30.22	25.38	44.54	35.81	جمع کربن ذخیره شده در خاک The amount of carbon stored in the soil

کربن ترسیب شده در خاک زیر بوته *A.camelorum* (تیمار ۱) ۳۲/۹ تن در هکتار و در خاک بین بوته‌ها ۲/۹۱ تن، مقدار کربن ترسیب شده در خاک زیر بوته *T.leptoptala* (تیمار ۲) ۴۱/۶ تن در هکتار و در خاک بین بوته‌ها ۲/۹۴ تن در هکتار، مقدار کربن ترسیب شده در خاک زیر بوته

۶- نتایج حاصل از محاسبه میزان ترسیب کربن در خاک: بر اساس فرمول مندرج در روش تحقیق، بر اساس درصد کربن آلی محاسبه شده، وزن مخصوص ظاهری خاک و عمق نمونه برداری، میزان ترسیب کربن در خاک در هکتار در هر تیمار محاسبه شد (جدول ۳). بر همین اساس، مقدار

این اساس ریشه گونه‌های *A. sieberi* به عنوان گونه غیرشورروی و *S. fruticosa* به عنوان گونه شورروی توان بیشتری برای ترسیب کربن دارند و ریشه گونه‌های *T. leptopetala* و *T. aphylla* در یک واحد معین، درصد کمتری از کربن را در خود ذخیره می‌کند. در مورد توان بالای *A. sieberi* در ترسیب کربن، نتایج به‌دست آمده با نتایج Foruozeh و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت دارد. اما با نتیجه Alizadeh و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت ندارد. آنان سهم کربن اندام زیرزمینی (ریشه) در درمنه دشتی را بسیار کمتر از کربن بیوماس هوایی گزارش کردند. از این رو، در این رابطه احتیاج به تحقیق بیشتر احساس می‌شود. ممکن است تفاوت در دو اکوسیستم درمنه‌زار (استپ سرد و گرم و یا میزان بارندگی و یا هر عامل دیگر) باعث ایجاد تفاوت معنی‌دار در میزان ترسیب کربن اندام‌های هوایی و زیرزمینی *A. sieberi* در دو محیط متفاوت شود. به‌رحال 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 *A. sieberi* بیشترین گستره رویشی را در بین همه گونه‌های مرتعی در کشور دارد، دوچندان می‌شود. همچنین نتایج نشان داد که میزان ترسیب کربن توسط ریشه گونه‌های مرتعی اعم از هالوفیت و غیرهالوفیت بیشتر از سرشاخه‌هاست. همچنین رشد تاج‌پوشش و بزرگی جبهه تأثیری بر افزایش جذب کربن در واحد معینی از وزن ریشه ندارد. به‌طوری‌که ریشه *T. aphylla* با ارتفاع بیش از ۶ متر کمتر از ریشه *A. sieberi* موفق به جذب و ترسیب کربن شده است. بنابراین به نظر می‌رسد ریشه گونه‌های هالوفیت به‌ویژه در اراضی با شوری زیاد، قابلیت زیادی برای ترسیب کربن ندارند. این ریشه‌ها بیشتر به سمت آدابه شدن با محیط و استفاده از رطوبت با شرایط سخت پیش می‌روند، از این رو انتظار کمتری برای رشد عمقی و در نتیجه افزایش ذخیره و ترسیب کربن از آنها می‌رود. اما ریشه گونه‌های غیرهالوفیت بنا به شرایط محیطی و فیزیکی دارای تراکم ساختاری، رشد عمقی و قطری بیشتری هستند که این شرایط باعث افزایش قابل توجه تأثیر بر ترسیب کربن شده

T. aphylla (تیمار ۳) ۲۲/۸ تن در هکتار و در خاک بین بوته‌ها ۲/۵۸ تن در هکتار، مقدار کربن ترسیب شده در خاک زیر بوته‌های *S. fruticosa* (تیمار ۴) ۲۷/۹ تن در هکتار و در خاک بین بوته‌ها ۲/۳۲ تن در هکتار و مقدار کربن ترسیب شده در خاک زیر بوته‌های *A. sieberi* (تیمار ۵) ۳۴/۲ تن در هکتار و در خاک بین بوته‌ها ۴/۲ تن در هکتار محاسبه و برآورد شد.

بحث

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نشان داد که گونه‌های مورد بررسی در ترسیب و ذخیره‌سازی کربن در بافت‌های خود موفق بوده و قادر به کنترل آن در سطوح گسترده هستند. این نتیجه با نتایج Hierro *et al.*, 2000; Castro and Fretias, 2009; Su *et al.*, 2010; Zhenghu *et al.*, 2004; Goodarzi *et al.*, 2016) مطابقت دارد. نتایج نشان داد که سرشاخه‌های چهار گونه مقاوم به شوری و یک گونه غیرمقاوم به شوری، قادر به ذخیره‌سازی و ترسیب کربن هستند. البته درصد میزان کربن موجود در سرشاخه‌های پنج گونه مورد بررسی تفاوت معنی‌داری نشان نداد. بنابراین در حجم و مقدار معینی از سرشاخه پنج گونه مورد بررسی تفاوت زیادی در میزان کربن آنها وجود ندارد و سرشاخه‌ها به تنهایی تأثیر متفاوتی بر میزان ترسیب کربن ندارند. اما از نظر حجم و میزان بیوماس تولید شده، هر چه یک گیاه از حجم و مقدار بیشتری برخوردار باشد، به همان میزان توانایی بیشتری در ترسیب کربن خواهد داشت. نتایج نشان داد که بیشترین میزان کربن در سرشاخه‌های *T. leptopetala* و کمترین مقدار در سرشاخه‌های *T. aphylla* وجود دارد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که سرشاخه‌های گونه درختی بیشترین ذخیره‌سازی کربن را دارد، به شرط آنکه از گونه بومی هر منطقه استفاده شود. همچنین ممکن است سرشاخه گونه‌های مختلف از یک جنس توان متفاوتی در ذخیره‌سازی کربن داشته باشند. نتایج تجزیه و تحلیل داده‌های ریشه نشان داد که میزان توان ترسیب کربن ریشه‌ها در گونه‌های مختلف با هم متفاوت است. بر

مناطق خشک و نیمه خشک بعلت عدم تکامل خاک، معمولاً بافت و ساختمان خاک‌ها شباهت زیادی به هم دارند اما از نظر املاح تفاوت‌ها بارز و مشخص است. به نظر می‌رسد افزایش میزان رس در خاک منطقه غیرشور بر میزان ترسیب کربن اثر منفی برجا می‌گذارد، زیرا کمترین میزان کربن اندازه‌گیری شده در خاک منطقه غیرشور است که میزان رس نیز کمترین مقدار را نشان می‌دهد. البته در این زمینه تحقیقات تکمیلی می‌تواند عوامل تأثیرگذار احتمالی دیگری را نیز معرفی کند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس درصد میزان کربن موجود در خاک اطراف بوته پنج‌گونه مورد بررسی نشان داد که خاک پای بوته به عنوان منبع ترسیب کربن نسبت به تغییر پوشش گیاهی واکنش نشان می‌دهد. میانگین کربن موجود در خاک زیر بوته *A. camelorum* برابر 0.078 ٪، *T. leptopetala* برابر 0.087 ٪، *T. aphylla* برابر 0.062 ٪، *S. fruticosa* برابر 0.084 ٪ و *A. sieberi* برابر 0.055 ٪ تعیین شد. از این رو میزان کربن موجود در خاک پای بوته *A. sieberi* کمترین مقدار و خاک زیر بوته *T. leptopetala* بیشترین مقدار کربن را دارند. از سوی دیگر، میزان شوری خاک در تیمار *A. sieberi* کمترین مقدار و در تیمار *T. leptopetala* بیشترین مقدار را نشان داد، بنابراین بین میزان کربن خاک و میزان املاح خاک یک ارتباط مستقیم وجود دارد و هر دو روند افزایشی را نشان می‌دهند. این نتیجه با نتایج مطالعات Yong و همکاران (۲۰۰۳)، Ariapour و همکاران (۲۰۱۰) و Parvizi و همکاران (۲۰۱۸) منطبق است. در نتایج آنان به این موضوع نیز اشاره شده است که شرایط رویشگاهی (اکوتیپ) بر توان ترسیب کربن گونه‌های گیاهی یکسان اثرگذار است. Yong و همکاران (۲۰۰۳) تأثیر شرایط رویشگاهی بر ترسیب کربن را در گراسلندهای تخریب شده مغولستان مطالعه کردند و نتیجه گرفتند که تغییر شرایط رویشگاهی به‌طور مستقیم سبب تغییر میزان ترسیب کربن در واحد سطح می‌شود. همچنین Ariapour و همکاران (۲۰۱۳) و Yousefi و همکاران (۲۰۱۷) نیز به تأثیر شرایط رویشگاهی بر ترسیب کربن گونه‌های گیاهی اشاره کرده‌اند. همچنین نتایج نشان

است (Ghorbanian and Jafari, 2007). بر اساس نتایج بدست آمده بیشترین میزان ترسیب کربن در بوته‌های مورد بررسی به ترتیب در سرشاخه‌ها، ریشه و خاک مشاهده شده است. از این رو اهمیت فیتوماس روی زمینی در مناطق شور از لحاظ ترسیب کربن بیشتر از فیتوماس زیرزمینی بوده و در پروژه‌هایی با اهداف ترسیب کربن در مناطق شور، گیاهان با فیتوماس بالای روی زمینی در اولویت هستند. این نتیجه با نتایج Alizadeh و همکاران (۲۰۰۹)، Jafari sarabi و همکاران (۲۰۱۹) و Abdi و همکاران (۲۰۰۸) تطابق دارد. اما با نتیجه Naghipour Borj و همکاران (۲۰۱۲) منطبق نیست. نامبردگان ترسیب کربن خاک و زیتوده گیاهی را در مراتع نیمه خشک سیسباج بجنورد مطالعه کرده و نشان دادند در کل ذخیره کربن در زیتوده زیرزمینی بیش از زیتوده هوایی بود. البته تفاوت بین میزان کربن اندازه‌گیری شده سرشاخه و ریشه بسیار کم و قابل اغماض است. میانگین درصد کربن ذخیره شده در سرشاخه و ریشه *A. camelorum* برابر $0.86/86$ ٪، *T. leptopetala* برابر $0.85/3$ ٪، *T. aphylla* برابر $0.81/49$ ٪، *S. fruticosa* برابر $0.86/22$ ٪ و *A. sieberi* برابر $0.88/83$ ٪ برآورد شد. بنابراین مجموع کربن ترسیب شده در حجم معینی از بوته *A. sieberi* بیشتر از سایر گونه‌ها تعیین شد. *S. A. camelorum* و *T. leptopetala fruticosa* در نهایت *T. aphylla* به ترتیب در رده‌های بعدی قرار دارند. به این ترتیب *A. sieberi* از نظر ترسیب کربن گونه‌ای مناسب برای مناطق استپی بوده و *A. camelorum* نیز با توجه به خوشخوراکی و پروتئین بالا و همچنین ترسیب کربن بالا گونه‌ای کاملاً مناسب برای پروژه‌های اصلاح مرتع در مناطق شور است. البته در پروژه‌هایی که نیاز به حجم یا ارتفاع مشخصی از تاج پوشش گیاهی مد نظر باشد (مثلاً طرح‌های کنترل ریزگرد) کاشت و استقرار گونه‌هایی مانند *T. leptopetala* یا *T. aphylla* در اولویت خواهد بود. نتایج حاصل از جدول‌های تجزیه واریانس نشان می‌دهد که ساختار خاک در پنج تیمار مورد بررسی تفاوت مشخصی دارد. این تفاوت منحصراً در میزان رس خاک مشاهده شد و تغییرات زیادی را نشان داد. در

یک گونه مناسب معرفی گردد. این موضوع با نتیجه Jahanpour و همکاران (۲۰۱۹) مطابقت دارد.

منابع مورد استفاده

- Abdi, N.A., Maddah Arefi, H. and Zahedi Amiri, G.H.A.D., 2008. Estimation of carbon sequestration In Astragalus Rangelands of Markazi Province (Case Study: Malmir Rangeland In Shazand Region), Iranian Journal of Range and Desert Research, 15 (2): 269-282 (In Persian).
- Alizadeh, M., Mahdavi, M. and Mahdavi, S. K.H., 2009. Influences of grazing and exclosure on carbon sequestration *Artemisia sieberi* Besser (Case study: Artemisia rangeland Rudshur, Saveh). Journal of Plant Ecophysiology, 1(3): 89-98.
- Ariapour, A., Mehrabi H.R. and Azhari S., 2013. Teh effect of topographycal factors (elevation) on carbon sequesration potential of the feet soil in some of the plant species of Siah khoh region, Plant and Ecosystem fall, 9 (36-1) (Supplement):13-30.
- Arzani, H. and Abedi, M., 2015. Vegetetion Measurement, Tehran university publicetions, 306 (In Persian).
- Castro, H. and Freitas, H., 2009. Above-ground biomass and productivity in the montado: from herbaceous to shrub dominated communities. Journal of Arid Environments 73: 506-511.
- Forest, Range, and Watershed Management Organization, 2004.
- Forouzeh, M.R., Heshmati, G.H.A., Ghanbarian, G.H.A. and Mesbah, S.H., 2008. comparing carbon sequestration potential of three shrub species *Helianemum lippii*, *dendrostellera lessertii* and *artemisia sieberi* (case study: Garehbygone, Fasa). Journal of Environmental Studies, 34 (46): 65-72.
- Gholami, H., Azarnivand, H. and Biniiaz, M., 2014. study and comparison of the carbon sequestration by *Atriplex canescens* and *Hulthemia persica* in Nowdahak range research station, Qazvin province, Environmental Erosion Research, 4 (2,14): 40-52 (In Persian).
- Ghorbanian, D. and Jafari, M., 2007, Study of soil and plant characteristics interaction in *Salsola rigida* in desert lands. Iranian Journal of Range and Desert Research, 14(1):1-7 (In Persian).
- Goodarzi, M., Ranjbar, M. and Bayramvand, R.,

داد که مقدار کربن ترسیب شده در خاک زیر بوته *T.leptopetala* با ۴۱/۶ تن در هکتار بیشترین مقدار ترسیب و بوته *T.aphylla* با ۲۲/۸ تن در هکتار کمترین مقدار ترسیب را دارد. بنابراین به نظر می‌رسد دیرزیستی *T.leptopetala* نقش مستقیمی بر میزان ترسیب کربن در خاک پای بوته ایفا می‌کند. میزان کربن اندازه‌گیری شده در خاک پای بوته *T.leptopetala* تقریباً دو برابر خاک پای بوته *A.sieberi* می‌باشد. به نظر می‌رسد یکی از دلایل مهم ایجاد این اختلاف، میزان بیشتر لاشبرگ تولید شده توسط *T.leptopetala* در مقایسه با *A.sieberi* است. در همین راستا، میزان رس اندازه‌گیری شده در خاک پای بوته *T.leptopetala* کمتر از خاک کنار بوته *A.sieberi* بود. بنابراین افزایش میزان رس در خاک منطقه غیرشور بر ترسیب کربن اثر معکوس دارد. نکته قابل ذکر، میزان کم کربن در خاک پای درختان *T.aphylla* است. علت آن را می‌توان در کاشت نهال و آبیاری، مدت زمان اندک حضور *T.aphylla* در منطقه و در نتیجه جوان بودن درختان و عدم تولید لاشبرگ در زیر پای آنها به‌ویژه در سنین پایین جستجو کرد. بنابراین گونه *T.leptopetala* کربن بیشتری را ترسیب و ذخیره می‌کند. این نتیجه با نتایج Naghipour Borj و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت دارد اما با نتایج Mahmoudi و همکاران (۲۰۱۳) مطابق نیست. البته باید توجه کرد که گونه‌های *Tamarix* مورد بررسی با هم متفاوت است. بر اساس نتایج، میزان تولید *A.camelorum* برابر ۵۸/۷ kg/h، *T.leptopetala* برابر ۱۶۰/۹۲ kg/h، *T.aphylla* برابر ۳۵۷۳ kg/h و *A.sieberi* برابر ۸۰/۱ kg/h برآورد شده است. بنابراین در شرایط یکسان اکولوژیکی، گونه *T.aphylla* با وجود کمتر بودن میانگین درصد کربن ذخیره شده در سرشاخه و ریشه نسبت به سایر گونه‌های مورد بررسی، قادر است حجم بیشتری از کربن موجود در فضا را جذب و ترسیب کند. از این رو به دلیل حجم بالای فیتوماس به‌ویژه زمانی که نیاز به حجم و ارتفاع بیشتری در پروژه‌های اصلاح مرتع در اراضی شور وجود دارد، می‌تواند به عنوان

- modified rangeland communities (Case study: Sisab rangelands of Bojnord). *Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi)* 25(1,94):19-26 (In Persian).
- Naghipour Borj, A.A., Dianati Tilaki, G.H., Tavakolih, A. and Haidarian Aghakhani, M., 2010. Grazing intensity impact on soil carbon sequestration and plant biomass in semi arid rangelands (Case study: Sisab rangelands of Bojnord). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 16(3):375-385 (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, *Journal Environment Management*, 91: 2109-2116.
 - Parvizi, Y., Qeytouri, M., Bayat, R., Shadmani, A. and Partovi, A., 2018, Carbon sequestration potential of different range planting practices in different geographical areas of the country, *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 25(2): 310-323 (In Persian).
 - Yong, Z.S., Ha, I.Z. and Tong, H.Z., 2003. Influences of grazing and exclosure on carbonsequestration in degraded sandy grassland, Inner Mongolia. North China. *Journal Agricultur. Research*, 46(4): 321-328.
 - Yousefi, M., KHoramivafa, M., Mahdavi Damghani, A., Mohammadi,G.H. and Beheshti Alagha, A., 2017. Assessment of carbon sequestration and its economic value in Iranian Oak Forests: Case study Bisetoon protected area, *Environmental Sciences Fall*, 15(3):123-133.
 - Zandi Esfahan, E., 2013, Estimation of ethanol production of halophytic species in saline lands of the country, *Agricultural and Natural Resources Engineering*, 11(2): 130-145. (In Persian).
 - Zhang, L., Xie. Z.H., Zhao. R. and Wang, Y., 2012. The impact of land use change on soil organic carbon and labile organic carbon stocks in the Longzhong region of Loess Plateau. *Jour. Arid Land*. 4(3): 241-250.
 - Zhenghu, D., Hanglang, X., Xinrong, L., Zhibao, D., and Gang, W., 2004. Evolution of soil properties on stabilized sands in the Tengger Desert, China. *Geomorphology*. 59: 237-246.
 - 2016. Assessing carbon sequestration impacts of Sorkhehhesar in relieving climate change effects. *Iran Watershed Management Science & Engineering*, 10(34):250-264 (In Persian).
 - Herman, N., Flamenco Carlos, A., Gonzalez-Benecke and Maxwell, G. Wightman, G., 2019, Long-term effects of vegetation management on biomass stock of four coniferous species in the Pacific Northwest United States, *Journal: Forest Ecology and Management* , 432(15):276-285.
 - Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)., 2007. Climate change. Climate change impacts, adaptation and vulnerability. Working Group II. Geneva, Switzerland.
 - Jafarisarabi, H., Pilehvar, B., Abrari Vajari, K. and Waez-Mousavi, S.M., 2019. Taxonomy and determination of conservatism coefficient for herb layer of three forest types in central Zagross. *Journal of Forest Research and Development*, 5(1): 73-91 (In Persian).
 - Jahanpour, F., Badehian, Z., Soosani, J., 2019. Investigating the efficiency of the carbon sequestration in above-ground biomass of some populous clones. *Iranian journal of Forest*, 11(2):195-205 (In Persian).
 - Karimi, A.R., Bagherifam, S. and Shayesteh Zeraati, H., 2014, Capability of *haloxylon* in carbon sequestration in sand dunes of Sabzevar, *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 5(1):15-27 (In Persian).
 - Mahmoudi, E., Mahdavi, M. and Javadi M.R., 2013. Soil carbon sequestration potential of land use types of the ecosystem (case study: maydan watershed, Esfarayen, northern Khorasan). *Natural Ecosystems of Iran*, 3(3):100-113 (In Persian).
 - Moghaddam, M.R., 2014. Range and Range Management, Tehran university publicitions, 470. (In Persian).
 - Mortenson, M. and Schuman, G., 2002. Carbon sequestration in rangeland interseeded with yellow-flowering alfalfa (*Medicago Sativa Spp. Falcata*) USDA Symposium On Natural Resource Management to offset Greenhouse gas emission in University of Wyoming.
 - Naghipour Borj, A.A., Haidarian Aghakhani, M. and Naseri, M., 2012. An investigation of carbon sequestration and plant biomass in

Evaluation of carbon sequestration potential *Suaeda fruticosa*, *Tamarix aphylla*, *Tamarix leptoptala* and *Alhagi camelorum* (Halophytes) and *Artemisia sieberi* (Non Halophytes)

D. Ghorbanian¹, E. Zandi Esfahan^{2*}, M. Amirjan³ and A. Nejatian³

1- Research Instructor, Forests and Rangelands Research Department, Semnan Agricultural and Natural Resources, Research and Education Center (AREEO), Semnan, Iran

2*-Corresponding author, Associate Professor, Rangeland Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center AREEO, Tehran, Iran, Email: Zandiesfahan@gmail.com

3-Senior Research, Forests and Rangelands Research Department, Semnan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Semnan, Iran

Received: 12/25/2020

Accepted: 12/20/2021

Abstract

To investigate and compare the carbon sequestration capacity of salt-tolerant plants and to prioritize and introduce them for the restoration of saline lands, *Suaeda fruticosa* Forssk species. ex J.F.Gmel, *Tamarix aphylla* (L.) H.Karst, *Tamarix leptoptala* Bunge, and *Alhagi camelorum* DC were selected as saline species and *Artemisia sieberi* Besser species as non-halophyte species in dry areas. After selecting the South Garmsar site in 2017, the floristic list was determined. Then, at the time of maximum plant growth, ten samples were taken from the aerial, underground, and soil under bushes and between the bushes. After preparation, the samples were transferred to the laboratory of the Research Institute of Forests and Ranges, and the amount of organic carbon in the root and shoot samples and the amount of organic carbon, electrical conductivity, acidity, and texture of the soil samples were determined. The results showed that the average percentage of carbon stored in the shoots and roots of *A. camelorum* is 86.86%, *T. leptoptala* is 85.3%, *T. aphylla* is 81.49%, *S. fruticosa* is 86.22%, and *A. sieberi* is 88.83%. Therefore, *A. sieberi* has the highest carbon storage per unit volume. The average carbon content in the soil under *A. camelorum* is 0.78%, *T. leptoptala* is 1.087%, *T. aphylla* is 0.62%, *S. fruticosa* is 0.84%, and *A. sieberi* is 0.55%. According to the results, the production rate of *A. camelorum* was 58.7 kg/ha, *T. leptoptala* 160.92 kg/ha, *T. aphylla* 3573 kg/ha, *S. fruticosa* 15.25 kg/ha, and *A. sieberi* 80.1 kg per hectare is estimated. Therefore, under the same ecological conditions, *T. aphylla* species can absorb and deposit more carbon in space. Accordingly, the amount of carbon deposited in the soil under the *A. camelorum* plant is 32.9 tons ha⁻¹ and in the soil between the bushes is 32.9 tons ha⁻¹, and the amount of carbon deposited in the soil under the *T. leptoptala* plant is 41.6 tons ha⁻¹ and in the soil between the plants 2.94 tons ha⁻¹, the amount of carbon deposited in the soil under the *T. aphylla* plant is 22.8 tons ha⁻¹ and in the soil between the plant 2.58 tons ha⁻¹, the amount of carbon deposited in the soil under the plants of *S. fruticosa* 27.9 tons ha⁻¹ and in the soil between the plants 2.32 tons ha⁻¹ and the amount of carbon deposited in the soil of *A. sieberi* subshrubs was 34.2 tons ha⁻¹ and in the soil between the plants, 4.2 tons ha⁻¹ was calculated and estimated. According to the obtained results, the *T. aphylla* species has the highest amount of carbon deposition due to having the highest production.

Keywords: Halophytes, saline areas, Garmsar desert, carbon sequestration.