

اثر نوع گونه گیاهی و عملیات اصلاح مرتع بر ظرفیت تثبیت کربن مراتع بوتهازار دهاقان، استان اصفهان

وحید چیت‌ساز^{۱*} و یحیی پرویزی^۲

۱- نویسنده مسئول، کارشناس پژوهشی بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران. پست الکترونیک: v.chitsaz@areeo.ac.ir

۲- دانشیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۰۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۱۴

چکیده

افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای در قرن گذشته منجر به بهم ریختن تعادل طبیعی چرخه کربن و افزایش نگرانی شده است. از این رو، این پژوهش با هدف ارزیابی نوع گونه‌های گیاهی مرتعی بومی و دست‌کاشت در پروژه‌های بیولوژیکی اصلاح مرتع بر ظرفیت تثبیت کربن در مراتع بوتهازار شهرستان دهاقان انجام شد. بدین منظور دو پروژه بیولوژیک شامل بذرکاری ردیفی گیاه آگروپایرون (*Agropyron trichophorum*) با سابقه ۱۷ سال در مراتع بوتهازار گلیسار و کپه‌کاری جاشیر (*Prangos ferulacea*) با سابقه ۱۰ سال در مراتع بوتهازار آستانه سفلی بررسی شد. برای انجام تحقیق نمونه‌برداری از سایت‌های مطالعاتی و شاهد در بهار ۱۳۹۲ انجام شد. آزمایش‌های تعیین انباشت کربن برای نمونه‌های گیاهی و لاشبرگ به روش احتراق و برای نمونه‌های خاک به روش واک-بلاک انجام شد و میزان ذخیره کربن در هریک از مناطق مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج پژوهش نشان داد که طی مدت اجرای پروژه‌های اصلاح مرتع، انباشت کربنی در نتیجه عملیات بیولوژیکی بذرکاری ردیفی آگروپایرون در منطقه گلیسار ۳۷/۴ تن در هکتار (به‌طور متوسط ۲/۲ تن در هکتار در سال) و در نتیجه کپه‌کاری جاشیر انباشت کربنی در منطقه آستانه ۱۰/۱ تن در هکتار (به‌طور متوسط ۱/۰۱ تن در هکتار در سال) نسبت به مناطق شاهد افزایش داشته است. به‌طورکلی می‌توان بیان کرد که پروژه بذرکاری ردیفی آگروپایرون از لحاظ افزایش تثبیت کربن موفق‌تر از کپه‌کاری جاشیر بوده است. همچنین نتایج پژوهش نشان داد که گونه‌های *Astragalus verus* و *Bromus tomentellus* نیز ظرفیت بالایی از نظر تثبیت کربن نسبت به بسیاری از گونه‌های مرتعی در پروژه‌های اصلاح مرتع دارند.

واژه‌های کلیدی: آگروپایرون، تثبیت کربن، جاشیر، عملیات بیولوژیکی، مرتع‌کاری.

مقدمه

(IPCC, 2019). در حالت طبیعی یک چرخه و تعادل بین انتشار و تثبیت CO₂ میان اتمسفر و اکوسیستم‌های آبی و خشکی وجود دارد. متأسفانه طی چند دهه گذشته انتشار بیش از حد CO₂ به سبب فعالیت‌های انسانی و توسعه صنعتی کشورها منجر شده است که میزان انتشار این گاز نسبت به میزان تثبیت آن از تعادل طبیعی خود خارج و اثر گلخانه‌ای جو تشدید شود. وزارت داده و اطلاعات انرژی ایالات متحده

امروزه نقش اثر گلخانه‌ای به دلیل انتشار بیش از حد گازهای گلخانه‌ای و به‌ویژه دی اکسید کربن (CO₂) در گرمایش جهانی و تغییر اقلیم به خوبی مشخص شده است. سازمان بین‌الدول تغییر اقلیم بیان کرده که میانگین دمای کره زمین به دلیل انتشار گازهای گلخانه‌ای ۱/۵ درجه سانتیگراد نسبت به پیش از دوره صنعتی شدن افزایش داشته است

جنگل قرق شده، جنگل طبیعی، جنگل تخریب شده، باغ، مرتع و کشاورزی را بر روی ذخیره کربنی در منطقه چهارطاق استان چهارمحال و بختیاری ارزیابی کردند. نتایج آنان نشان داد که جنگل قرق شده و تخریب شده به ترتیب دارای بیشترین (۴۷/۴۶ تن در هکتار) و کمترین (۱۳/۶۸ تن در هکتار) ذخیره کربنی هستند. Pahlavan Yali و همکاران (۲۰۱۶)، اثر کاربری‌های جنگل، باغ مرکبات و شالیزار را بر روی ذخیره کربنی خاک در شهرستان رامسر بررسی کردند. نتایج آنان حکایت از اهمیت کاربری جنگل با ظرفیت ۴۵۳۲/۳۵ تن در هکتار ذخیره کربنی نسبت به دو کاربری دیگر داشت. به طور کلی در اغلب مطالعات مشخص شده هر چه از کاربری‌های طبیعی مانند جنگل و مرتع به سمت کاربری‌های کشاورزی مانند باغ‌ها، شالیزار و کشاورزی برویم از ظرفیت کربنی کاسته خواهد شد (Heidari et al., 2006; Joneidi و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که تغییر کاربری مرتع به کشت نخود و گندم دیم در مراتع استان سندج منجر به هدررفت ۴۴/۵ درصدی ذخیره کربن آلی خاک این مناطق شده است. Heidari و همکاران (۲۰۱۷) نیز در استان خوزستان نشان دادند که با تغییر کاربری مرتع طبیعی به کشاورزی ذخیره کربنی خاک در عمق‌های ۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتیمتری به ترتیب ۳۴ و ۴۷ درصد کاهش یافته است. علاوه بر اثر کاربری‌های مختلف بر ذخیره کربنی، سیستم مدیریتی و نوع عملیات‌های بیولوژیکی، مکانیکی و بیو-مکانیکی نیز تا حد زیادی می‌تواند باعث بهبود ذخیره کربنی شود. Niknahad و همکاران (۲۰۱۸) اثرهای سیستم مدیریتی قرق را بر فرسایش خاک و تثبیت کربن در مراتع بزداغی خراسان شمالی بررسی کردند. نتایج آنان نشان داد که سیستم مدیریتی قرق باعث ایجاد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد برای کاهش شاخص فرسایش‌پذیری خاک و افزایش میانگین کربن تثبیت شده در خاک شده است. Gheitury و همکاران (۲۰۱۸) در مراتع استان کرمانشاه نشان دادند که در صورت وجود نوع سیستم مدیریت قرق و چرای شدید مراتع، میزان انباشت کربن چه در زی‌توده‌های گیاهی و چه در خاک دارای تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد خواهد شد. به طوری که در

برآورد کرده است که تا سال ۲۰۳۰ میزان انتشار سالانه CO₂ توسط کشورهایمانند چین و هند به دلیل مصرف سوخت‌های فسیلی به ترتیب تا ۸۲۸۶ و ۱۳۷۱ میلیون تن در سال برسد (EIA, 2006). در مقایسه با سایر عوامل منتشرکننده CO₂ در کشورهای توسعه‌یافته، یکی از مهمترین عوامل انتشار این گاز نیروگاه‌ها هستند (Figueroa et al., 2008). باوجوداین، سهم بخش کشاورزی و منابع طبیعی نیز در انتشار گازهای گلخانه‌ای حدود ۳۴ درصد است (Lal, 2008). بنابراین نقش فرایندها و عوامل تثبیت‌کننده کربن در کاهش و کنترل اثرهای انتشار فزاینده CO₂ مشخص خواهد شد. در کشورهای توسعه یافته با اقتصاد کارآمد، برای کنترل میزان انتشار CO₂ نیروگاه‌ها روش‌های مختلف صنعتی برای تثبیت حجم زیاد کربن با بازدهی بالا در خود نیروگاه وجود دارد (Figueroa et al., 2008). باوجوداین، در کشورهای کمتر توسعه‌یافته تمرکز بیشتر بر روی بهبود اکوسیستم‌ها برای تثبیت کربن است. از سوی دیگر، پس از توافق‌نامه پاریس در دسامبر ۲۰۱۵ برای حمایت از ذخیره و افزایش ظرفیت ذخایر کربنی و سایر گازهای گلخانه، توجه به مطالعات و تکنیک‌های کمی‌سازی تثبیت کربن در دنیا بسیار مورد توجه قرار گرفت (FAO, 2016). در ایران نیز با توجه به رتبه هفتم از بین کشورهای جهان و سهم ۱/۸۴ درصدی از نظر انتشار گازهای گلخانه‌ای (Burck et al., 2014)، اهمیت تثبیت کربن در اکوسیستم‌های طبیعی به‌ویژه مراتع و نقش عملیات‌های بیولوژیکی و مکانیکی نه تنها برای تثبیت کربن بلکه برای استفاده بهینه و جلوگیری از اتلاف سایر منابع اکوسیستم‌ها به خوبی شناخته شده است. به طوری که از حدود ۸۶ میلیون هکتار مراتع کشور تا سال ۲۰۰۷ بیش از ده هزار مورد طرح مرتع‌داری در سطح ۲۵ میلیون هکتار از اراضی مرتعی اجرا شده است (Ariapour et al., 2016). از سوی دیگر، مطالعات متعددی تأثیرگذاری این طرح‌ها، تغییرات کاربری و نوع گونه‌های گیاهی استفاده شده را از لحاظ تقویت و بهبود کمی و کیفی پوشش گیاهی، خاک و افزایش تثبیت کربن بررسی کرده‌اند (Parvizi et al., Niknahad et al., 2018; Gheitury et al., 2019; Naseri, 2020; al., 2018; Eskandari-Shahraki و همکاران (۲۰۱۶)، اثر کاربری‌های

شهرستان دهاقان در غرب استان اصفهان بررسی شده است. به این منظور کربن تثبیت شده در خاک، لاشبرگ و اندام‌های گیاهی گونه‌های مرتعی بومی و گونه‌های مرتعی دست کاشت در مناطق مورد مطالعه برآورد و نسبت به مناطق شاهد ارزیابی شد. شایان ذکر است که نتایج این پژوهش مستخرج از طرح تحقیقاتی تعیین اثرها و قابلیت عملیات بیولوژیک آبخیزداری در تثبیت کربن برای اصلاح تغییرات اقلیمی در اصفهان است (Chitsaz et al., 2013).

۲- مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

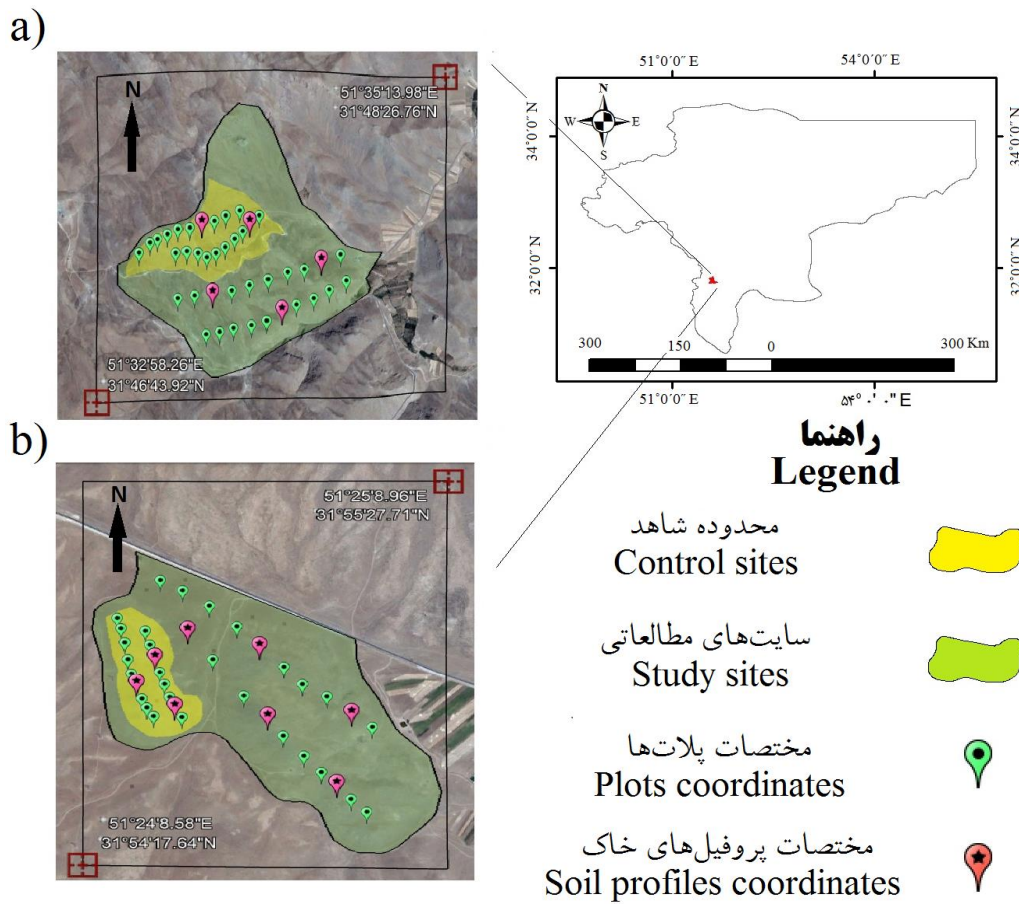
در این پژوهش منطقه بودجان در شهرستان دهاقان استان اصفهان از لحاظ تثبیت کربن ارزیابی شد. این منطقه شامل دو پروژه بیولوژیکی به فاصله ۲۰ کیلومتر از یکدیگر شامل بذرکاری ردیفی گیاه آگروپایرون (*A. trichophorum*) به وسعت ۲۰۰ هکتار در منطقه گلیسار از سال ۱۳۷۶ و کپه‌کاری جاشیر (*P. ferulacea*) به وسعت ۱۵۰ هکتار در منطقه آستانه سفلی از سال ۱۳۸۲ می‌باشد که توسط اداره کل منابع طبیعی استان اصفهان اجرا شده است. شایان ذکر است که گونه‌های کشت شده چند ساله در هر دو منطقه تحت پوشش پروژه‌های اصلاح مرتع به پایداری و حداکثر رشد خود رسیده بودند، از این رو در طی نمونه‌برداری برای این پژوهش این پروژه‌ها در مرحله تثبیت و اثربخشی کامل بودند. هدف از این پژوهش نیز، ارزیابی اثربخشی این دو پروژه از لحاظ تثبیت کربن در منطقه دهاقان است.

روش انجام تحقیق

عملیات میدانی

داده‌های مورد نیاز برای این پژوهش طی چندین بازدید میدانی و متوالی در اواخر فصل گلدهی و در شرایط تولید حداکثری زی‌توده‌های گیاهی از سایت‌های مورد مطالعه جمع‌آوری شد. از این رو، ابتدا حدود مناطقی که پروژه‌های اصلاح مرتع در آنها انجام شده بود و مناطق شاهد آنها برای هر دو منطقه آستانه و گلیسار مشخص گردید (شکل ۱).

مراتع قرق کرمانشاه میزان کربن تثبیت شده در زی‌توده گیاهی و خاک به ترتیب ۴/۷ و ۱۱۴/۵ تن در هکتار و در مراتع با چرای شدید این مقدار به ۱/۳ و ۵۳/۴ تن در هکتار رسیده است. Parvizi و همکاران (۲۰۱۸)، انواع عملیات‌های بیولوژیکی بذرکاری، بذرپاشی و کپه‌کاری گراس‌ها و لگوم‌های چندساله مانند فستوکا، یونجه، جاشیر و اسپرس را در برخی از استان‌های مهم کشور مانند فارس، لرستان، اصفهان، مازندران، کردستان و غیره بررسی کردند. نتایج آنان نشان داد که عملیات‌های بیولوژیک مرتع‌کاری به همراه سیستم مدیریتی قرق تثبیت کربن را تا دو برابر افزایش می‌دهد. همچنین بیان کردند که عملیات کپه‌کاری از بین سایر عملیات‌های بیولوژیک موفق‌تر بوده است. Gheitury و همکاران (۲۰۱۹)، اثر چهار نوع تیمار بیومکانیکی و مدیریتی شامل فارو همراه با بوته‌کاری، پیتینگ همراه با بوته‌کاری، مدیریت سیستم چرا و شاهد را بر روی خصوصیات و ذخیره کربن آلی خاک در مراتع قصرشیرین استان کرمانشاه بررسی کردند. نتایج آنان نشان داد که به‌طورکلی هر سه تیمار (بجز تیمار شاهد) منجر به افزایش معنی‌دار ذخیره کربنی خاک در سطح ۵ درصد نسب به تیمار شاهد شده‌اند. همچنین نتایج آنان نشان داد که تیمارهای پیتینگ و فارو به ترتیب بیشترین تأثیر را در افزایش کربن آلی خاک داشته‌اند. Naseri (۲۰۲۰)، اثر عملیات بیومکانیکی بذرکاری در پشت سدهای گابیونی را در حوضه آبخیز کارده مشهد بر روی ذخیره کربنی اندام‌های گیاهی و خاک بررسی کرد. نتایج وی نیز نشان داد که ذخیره کربنی خاک در آبراهه‌های تثبیت شده بیش از آبراهه‌های تثبیت نشده است اما این اختلاف در سطح ۵ درصد معنی‌دار نشد. همچنین نتایج پژوهش وی نشان داد که مقدار کربن تثبیت شده در واحد سطح در مراتع طبیعی بسیار بیشتر و معنی‌دار در سطح ۵ درصد از آبراهه‌های تثبیت شده و تثبیت نشده است. هدف از این پژوهش نیز ارزیابی و بررسی تثبیت کربن تحت تأثیر عملیات بیولوژیکی مرتع‌کاری و نوع گونه‌های مرتعی استفاده شده در پروژه‌های اصلاح مرتع است. از این رو، در این پژوهش دو پروژه اصلاح مرتع شامل بذرکاری ردیفی گیاه آگروپایرون (*A. trichophorum*) و کپه‌کاری جاشیر (*P. ferulacea*) در مراتع



شکل ۱- موقعیت شهرستان دهقان و سایت‌های مطالعاتی و شاهد آستانه (a) و گلیسار (b)

Figure 1- The location of Dehaghan county and control and study sites of a) Astane and b) Gelisar regions



شکل ۲- نمایی از پروژه کپه‌کاری گیاه جاشیر در منطقه آستانه (راست) و بذرکاری ردیفی گیاه آگروپایرون در منطقه گلیسار (چپ)

Figure 2- The view of pit-seeding of *P. ferulacea* in Astane Sefla region (right) and seeding *A. trichophorum* in Glisar region (left)

شکل (۲) نیز نمایی از سایت‌های مطالعاتی در هر دو منطقه گلیسار و آستانه نمایش داده شده است.

عملیات آزمایشگاهی

پس از جمع‌آوری نمونه‌های گیاهی و خاک از سایت‌های مورد مطالعه، نمونه‌های جمع‌آوری شده به آزمایشگاه منتقل و پارامترهایی مانند مقدار کربن ذخیره شده در اندام‌های گیاهی و لاشبرگ و خصوصیات خاک اندازه‌گیری شد. بدین منظور روش احتراق برای محاسبه کربن آلی زی‌توده‌های گیاهی و لاشبرگ استفاده شد. از این لحاظ نمونه‌های گیاهی ابتدا در آون خشک و بعد آسیاب و توزین شدند و پس از آن نمونه‌های آسیاب شده توسط کوره با دمای ۴۵۰ درجه به مدت ۶ ساعت سوزانده شد و درصد مواد آلی و کربن آلی آنها از طریق روابط ۱ و ۲ محاسبه گردید. در روابط زیر OM ماده آلی، OC کربن آلی، AW وزن خاکستر باقی‌مانده و DW وزن نمونه خشک شده است. شایان ذکر است که پیش از قطع و توزین و تعیین متوسط کربن تثبیت‌شده در اندام‌های هوایی و زیرزمینی گیاهی برای هر یک از گونه‌های جدول (۱)، درصد تاج پوشش متناظر با این نمونه‌ها در پلات نیز به صورت مجزا ثبت شد.

$$\%OM = \frac{Dw - Aw}{Dw} \times 100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$\%OC = \%OM \times 0.54 \quad \text{رابطه (۲)}$$

همچنین برای برآورد کربن آلی موجود در خاک از روش والکی-بلاک استفاده شد (Walkley & Black 1934). با داشتن مقدار کربن آلی خاک در عمق d و وزن مخصوص ظاهری خاک مقدار ذخیره کربنی خاک برای هر لایه و در واحد هکتار عبارت است از (رابطه ۳):

$$Cs = 10^4 \times SOC \times Bd \times d \quad \text{رابطه (۳)}$$

که در رابطه بالا، Cs ذخیره کربنی در هر لایه بر حسب

مناطق شاهد شامل مناطقی در مجاورت سایت‌های مطالعاتی بودند که اجرای پروژه‌های اصلاح مرتع در آنها انجام نشده بود و به‌طورکلی پوشش گیاهی آنها شامل گونه‌های بومی خود منطقه بود. پس از آن، مطابق دستورالعمل پیشنهادی برای اندازه‌گیری مرتع (Rabiei, 2015)، ابتدا اندازه پلات ۱×۲ متر به‌عنوان اندازه پلات بهینه برای مناطق مورد مطالعه به روش حداقل مساحت (Minimum area) در نظر گرفته شد. موقعیت مکانی پلات‌ها و پروفیل‌های خاک نیز به صورت تصادفی-سیستماتیک تعیین و موقعیت آنها نیز در شکل (۱) نشان داده شده است. به‌طورکلی در هر یک از محدوده‌های تحت پوشش عملیات اصلاح مرتع و محدوده‌های شاهد مناطق آستانه و گلیسار، فرایند پلات‌اندازی با حداقل ۲۰ تکرار - در مجموع حدود ۸۰ پلات در هر دو منطقه، ۲۰ پلات در محدوده‌های شاهد و ۲۰ پلات در محدوده‌های پروژه‌های اصلاح مرتع انجام شد. همچنین برای هر تکرار (پلات) اطلاعات مربوط به تراکم گونه‌های گیاهی، نام گونه‌های گیاهی، درصد سطح تاج پوشش برای هر یک از گونه‌ها و درصد پوشش لاشبرگ و خاک و سنگریزه ثبت گردید. علاوه بر این، برای تعیین انباشت کربن در اندام‌های هوایی و زیرزمینی گونه‌های موجود در منطقه، در برخی از پلات‌ها اقدام به نمونه‌برداری شد و فرایند قطع و توزین برای برخی از گونه‌های گیاهی که در جدول (۱) به آنها اشاره شده است، انجام شد. کربن تثبیت‌شده در اندام‌های گیاهی نمونه‌های قطع و توزین شده طی مراحل آزمایشگاهی که در ادامه به آن خواهیم پرداخت، مشخص شد.

همچنین برای نمونه‌برداری از خاک در سایت‌های مطالعاتی و مناطق شاهد به ترتیب تعداد ۵ و ۳ پروفیل خاک در سایت بذرکاری آگروپایرون و شاهد آن و ۳ و ۲ پروفیل خاک در سایت کپه‌کاری جاشیر و شاهد آن حفر شد و نمونه‌های خاک سطحی (عمق ۰ تا ۲۵ سانتیمتر) و خاک عمقی (۲۵ تا ۱۰۰ سانتیمتر) جمع‌آوری و برای تعیین کربن تثبیت‌شده به آزمایشگاه منتقل گردید. در شکل (۱) موقعیت پروفیل‌های خاک حفر شده در منطقه مشخص شده است. در

مقایسه انباشت کربن

پس از تکمیل و تدوین کلیه اطلاعات آزمایشگاهی و میدانی، برای مقایسه میانگین و ارزیابی اختلاف معنی دار کربن تثبیت شده در اجزا مختلف (خاک، لاشبرگ، اندام‌های هوایی گیاهان و اندام‌های زیرزمینی گیاهان)، مناطق شاهد با مناطق تحت پوشش پروژه‌های اصلاح مرتع مربوط به خود، ابتدا نرمال بودن داده‌های ذخیره کربن در خاک و اندام‌های گیاهی در هر منطقه توسط آزمون کلموگروف اسمیرونف (Marsaglia et al., 2003) بررسی شد. آنگاه در صورتی که داده‌های مورد مطالعه نرمال بود، برای مقایسه میانگین انباشت کربنی در اجزا مناطق شاهد با سایت‌های اصلاح مرتع خودش از آزمون تی بر اساس فرض برابری/ناابرابری واریانس‌های بین گروه‌ها استفاده شد. در غیر این صورت، برای مقایسه میانگین داده‌های غیر نرمال از آزمون ناپارامتریک من-ویتی استفاده گردید (Ruxton, 2006). شایان ذکر است که برابری واریانس داده‌ها برای استفاده از آزمون تی مناسب توسط آزمون F بررسی شد (Ruxton, 2006).

نتایج

در جدول (۱) نتایج مربوط به ترکیب گونه‌ها و اندازه‌گیری مرتع برای هر یک از مناطق مورد مطالعه ارائه شده است. نتایج نشان داد که متوسط پوشش گیاهی چه در مناطق شاهد و چه در محدوده‌های پروژه‌های اصلاح مرتع در منطقه آستانه بیش از منطقه گلیسار می‌باشد. همچنین مشخص شد که در منطقه گلیسار گونه‌های *A. trichophorum* و *Geranium tuberosum* جزو گونه‌های غالب و گونه‌های *Noaea mucronata* و *Astragalus cephalantus* به‌عنوان گونه همراه هستند. در حالی که در منطقه آستانه گونه‌های *A. trichophorum*، *Ranunculus arvensis* و *tomentellus* جزو گونه‌های غالب و انواع گونه‌های جنس *Astragalus* جزو گونه‌های همراه بودند. همچنین گونه‌هایی که قطع و توزین شدند و انباشت کربنی در اندام‌های گیاهی آنها اندازه‌گیری شد، در

تن در هکتار، SOC درصد کربن آلی خاک، Bd وزن مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب و d عمق لایه خاک بر حسب متر است. پس از محاسبه ذخیره کربنی در هر یک از لایه‌های سطحی و عمقی خاک، متوسط ذخیره کربن در کل پروفیل خاک (در واحد هکتار) برای هر سایت مطالعاتی و شاهد آن محاسبه شد.

کربن تثبیت شده

با تعیین شدن میزان کربن تثبیت شده در اندام‌های گونه‌های منتقل شده به آزمایشگاه و درصد تاج پوشش متناظر آنها، میانگین کربن تثبیت شده در اندام‌های گونه‌های گیاهی کشت شده برای اصلاح مرتع و گونه‌های بومی موجود در منطقه به ازای یک درصد تاج پوشش تعیین شد. به صورت مشابه درصد پوشش و انباشت کربنی در لاشبرگ مناطق نیز تعیین و مقدار کربن تثبیت شده به ازای یک درصد پوشش لاشبرگ نیز برآورد گردید. به همین ترتیب با توجه به درصد تاج پوشش کل لاشبرگ و هر یک از گونه‌های موجود در هر یک از سایت‌های مطالعاتی و محدوده‌های شاهد سهم کربن تثبیت شده در لاشبرگ و گونه‌های گیاهی هر منطقه تعیین شد. برای برآورد کل ظرفیت کربنی تثبیت شده در هر یک از سایت‌های مطالعاتی و محدوده‌های شاهد، مقادیر انباشت کربنی خاک نیز به مقادیر کربن تثبیت شده در لاشبرگ و گیاهان هر منطقه افزوده شد.

در نهایت، برای تعیین توان تثبیت کربن سالانه پروژه‌های اصلاح مرتع و ارزیابی اثر آنها بر تثبیت کربن نسبت به مناطق شاهد خودشان (نه با یکدیگر)، با این فرض که اختلاف بین انباشت کربنی در هر سایت مطالعاتی و منطقه شاهد آن تنها ناشی از طرح اصلاح مرتع است، بدین صورت عمل شد که اختلاف بین کل انباشت کربنی بین سایت مطالعاتی و شاهد آن بر تعداد سال‌های اجرای پروژه‌ها -۱۷ سال برای بذرکاری ردیفی گیاه آگروپایرون در منطقه گلیسار و ۱۰ سال برای کپه‌کاری جاشیر در منطقه آستانه تقسیم شد.

داد که انباشت کربنی در بیشتر گونه‌ها بجز *B. tomentellus* در اندام زیرزمینی ناچیز است. بیشترین مقادیر انباشت کربنی در اندام‌های هوایی گیاهان مرتعی مورد نظر به ترتیب با $۱۵/۹۰$ و $۵/۸۰$ گرم بر مترمربع برای گونه‌های *A. verus* و *A. cephalantus* برآورد شد. در حالی که از نظر اندام‌های زیرزمینی گونه‌های *B. tomentellus* و *A. trichophorum* به ترتیب با ذخیره کربنی $۱۲/۶۸$ و $۱/۷۴$ گرم بر مترمربع بیشترین انباشت کربنی را در بین گونه‌های مورد مطالعه داشتند. شایان ذکر است که ظرفیت انباشت کربن برای سایر گونه‌های مشاهده شده مانند فورب‌های یکساله و حتی برخی از گونه‌های درختی نیز برآورد و در محاسبات لحاظ شد.

جدول (۱) با علامت "*" مشخص شده‌اند. بر اساس نتایج آزمایشگاهی تعیین انباشت کربن و درصد تاج پوشش متناظر نمونه‌ها در پلات، متوسط کربن انباشت شده بر حسب گرم بر مترمربع برای اندام‌های هوایی و زیرزمینی برخی از گونه‌های مرتعی مهم منطقه مورد مطالعه برآورد شد (جدول ۳). نتایج آزمون مقایسه میانگین با سه تکرار نشان داد که هیچ شباهتی بین انباشت کربنی در اندام‌های هوایی گونه‌های گیاهی جدول (۳) وجود ندارد. همچنین گونه‌های *Scariola orientalis* با گونه *Cousinia cylindracea* و گونه *C. cylindracea* با *Echinops leiopolycerus* از لحاظ انباشت کربنی در اندام‌های زیرزمینی مشابه یکدیگر هستند. از سوی دیگر، نتایج نشان

جدول ۱- میانگین پوشش خاک و لاشبرگ، تراکم و تاج پوشش گونه‌های موجود در هریک از مناطق مورد مطالعه

Table 1- The average of vegetation, litter and soil covers and density of plant species in study regions

منطقه گلیسار Gelisar region					منطقه آستانه Astane region				
نام گونه‌ها و نوع پوشش Species names and cover types	شاهد Control site		سایت مطالعاتی Study site		نام گونه‌ها و نوع پوشش Species names and cover types	شاهد Control site		سایت مطالعاتی Study site	
	تراکم Density y (n/m ²)	پوشش Cover (%)	تراکم Density y (n/m ²)	پوشش Cover (%)		تراکم Density (n/m ²)	پوشش Cover (%)	تراکم Density (n/m ²)	پوشش Cover (%)
<i>Achillea santolina</i>	0.15	0.05	---	---	<i>Agropyron trichophorum*</i>	3.62	2.15	1.38	0.50
<i>Agropyron trichophorum*</i>	---	---	0.93	5.63	<i>Acantholimon sp.</i>	0.04	0.54	---	---
<i>Artemisia aucheri</i>	0.03	0.70	---	---	<i>Agropyron genty</i>	0.03	0.69	0.15	1.45
<i>Astragalus cephalantus*</i>	0.60	2.35	0.15	0.43	<i>Ajuga chamecistus</i>	0.04	0.54	0.15	0.88
<i>Astragalus curvirostris</i>	0.15	0.10	---	---	<i>Astragalus adsendens</i>	0.04	0.61	0.02	0.35
<i>Astragalus macropelmatus</i>	0.03	0.03	---	---	<i>Astragalus cephalantus*</i>	0.04	0.31	0.40	1.33
<i>Bromus tomentellus*</i>	0.18	1.13	0.13	0.45	<i>Astragalus darlingtonii</i>	0.19	0.17	0.13	0.08
<i>Centauren virgata</i>	0.03	0.40	---	---	<i>Astragalus effusus</i>	0.19	0.31	0.05	0.15
<i>Conrolrulns arrensis</i>	---	---	0.05	0.03	<i>Astragalus susianus</i>	0.23	2.23	0.20	2.55

نام گونه‌ها و نوع پوشش Species names and cover types	منطقه گلیسار Gelisar region				نام گونه‌ها و نوع پوشش Species names and cover types	منطقه آستانه Astane region			
	شاهد Control site		سایت مطالعاتی Study site			شاهد Control site		سایت مطالعاتی Study site	
	تراکم Density	پوشش Cover	تراکم Density	پوشش Cover		تراکم Density	پوشش Cover	تراکم Density	پوشش Cover
	y (n/m ²)	(%)	y (n/m ²)	(%)		y (n/m ²)	(%)	y (n/m ²)	(%)
<i>Cousinia cylindracea</i> *	0.15	0.60	0.03	0.05	<i>Astragalus verus</i> *	0.50	6.54	0.18	1.80
<i>Echinops leiopolycerus</i> *	0.23	0.68	0.23	0.65	<i>Bromus tomentellus</i> *	1.81	4.77	1.38	3.43
<i>Geranium tuberosum</i>	0.85	0.15	1.55	0.35	<i>Daphne mucronata</i>	---	---	0.05	0.80
<i>Gundelia tournefortii</i>	---	---	0.03	0.50	<i>Eragrostis sp.</i>	0.85	0.54	0.40	0.23
<i>Noaea mucronata</i>	0.68	1.50	0.35	0.40	<i>Euphorbia bungei</i>	0.08	0.11	0.18	0.35
<i>Phlomis olivieri</i>	0.05	0.25	---	---	<i>Noaea mucronata</i>	0.35	0.61	0.10	0.28
<i>Prangos ferulacea</i> *	---	---	0.05	0.10	<i>Prangos ferulacea</i> *	---	---	0.18	2.60
<i>Scariola orientalis</i> *	---	---	0.07	0.80	<i>Psathyrostachys fragilis</i>	0.08	1.15	0.10	0.60
<i>Stipa hohenackeriana</i>	0.13	0.58	---	---	<i>Ranunculus arvensis</i>	1.46	0.54	1.63	0.45
<i>Taraxacum roseum</i>	---	---	0.60	0.20	<i>Scariola orientalis</i> *	0.54	0.50	1.03	1.33
<i>Thalictrum isopyroides</i>	0.25	0.20	---	---	<i>Scorzonera sp.</i>	0.69	0.31	0.50	0.20
<i>Tragopogon caricifolius</i>	0.05	0.40	0.15	0.20	<i>Stipa hohenackeriana</i>	0.27	0.92	0.28	0.95
<i>Trigonella elliptica</i>	0.03	0.10	---	---	<i>Taraxacum roseum</i>	0.31	0.38	0.85	0.63
فورب یکساله*		2.10		1.40			0.35		0.37
Annual phorbs									
گراس یکساله		1.75		0.55			1.35		0.98
Annual grasses									
متوسط پوشش گیاهی		13.27		10.74			28.2		23.49
Vegetation cover							3		
سنگریزه		9.15		2.68			8.5		15.38
Gravel									
لاشبرگ		6.13		2.30			5.62		5.97
Litter									
خاک		71.45		84.28			57.6		55.16
Soil							5		

* : گونه‌های قطع و توزین شده

جدول ۲- میانگین برخی از خصوصیات خاک در مناطق مورد مطالعه

Table 2- The average of some of soil properties in study regions

عمق Depth (cm)	منطقه مورد مطالعه Study region	شوری EC (ms)	اسیدیته pH	بافت خاک Soil texture	وزن مخصوص ظاهری Apparent specific weight (g/cm ³)	کربن آلی Organic carbon (%)	ذخیره کربن در پروفیل خاک Carbon concentration in soil profile (g/m ²)
0-25	شاهد گلیسار Control site	0.48	8.35	Si-C-L	1.29	1.01	5053.7
	سایت مطالعاتی گلیسار Study site	0.55	8.34	Si-C-L	1.36	0.70	8820.0
	شاهد آستانه Control site	0.59	8.20	Si-C-L	1.32	1.90	6928.0
	سایت مطالعاتی آستانه Study site	0.68	8.23	Si-C	1.23	1.70	8018.1
	شاهد گلیسار Control site	0.31	8.47	Core Si - C	1.49	0.71	5053.7
	سایت مطالعاتی گلیسار Study site	0.32	8.32	Si-C	1.23	0.72	8820
25-100	شاهد آستانه Control site	0.36	8.28	Si-C	1.23	1.35	6928.0
	سایت مطالعاتی آستانه Study site	0.36	8.25	Si-C	1.47	1.65	8018.1

جدول ۳- میانگین کربن ذخیره شده (ظرفیت انباشت کربن) بر حسب گرم بر مترمربع در اندام‌های برخی از گیاهان مرتعی مهم

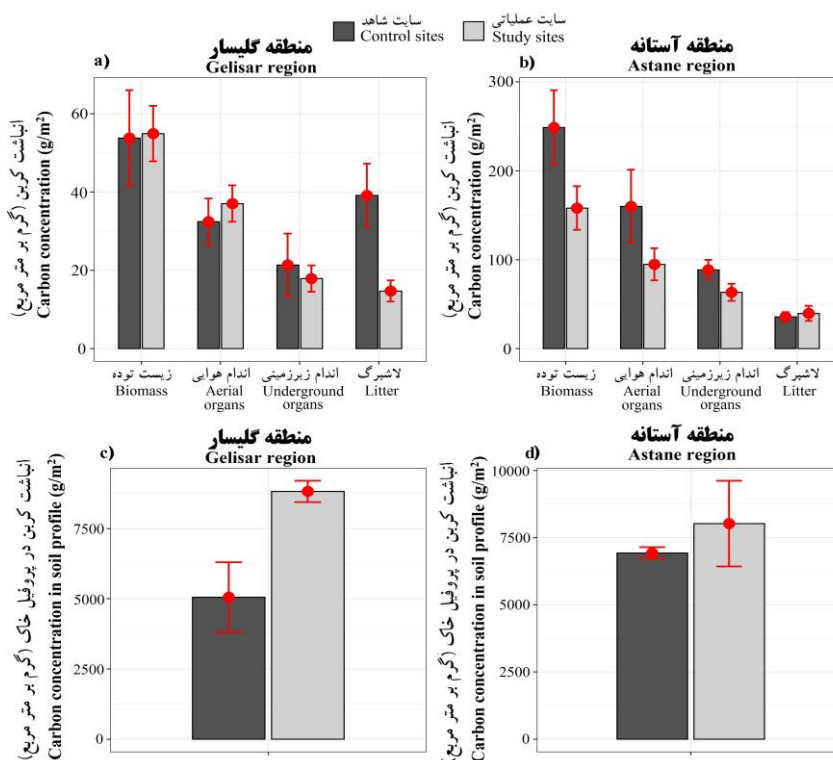
Table 3- The average of carbon concentration (g/m²) in some of the study plant species

گونه گیاهی Plant species	اندام هوایی Aerial organs		اندام زیرزمینی Underground organs	
	ظرفیت انباشت کربن Carbon concentration (g/m ²)	خطای استاندارد Standard error	ظرفیت انباشت کربن Carbon concentration (g/m ²)	خطای استاندارد Standard error
	<i>Bromus tomentellus</i>	1.96 ^a	0.009	12.68 ^a
<i>Agropyron trichophorum</i>	4.63 ^b	0.30	1.74 ^b	0.009
<i>Astragalus verus</i>	15.90 ^c	0.017	1.48 ^c	0.002
<i>Astragalus cephalantus</i>	5.80 ^d	0.010	0.69 ^d	0.001
<i>Prangos ferulacea</i>	2.99 ^e	0.008	0.56 ^e	0.002
<i>Scariola orientalis</i>	2.41 ^f	0.007	0.39 ^f	0.000
<i>Cousinia cylindracea</i>	1.44 ^g	0.003	0.29 ^{fg}	0.001
<i>Echinops leiopolycerus</i>	1.79 ^h	0.010	0.26 ^g	0.001
لاشیرگ Litter	6.38	0.017	-	-

حروف لاتین مشترک در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد از لحاظ آزمون توکی برای انباشت کربن در اندام‌های (هوایی یا زیرزمینی) گونه‌های گیاهی مورد نظر می‌باشد.

داده شده است. با توجه به شکل (۳) و مقایسه سایت‌های گلیسار و آستانه با یکدیگر، مشخص شد که مقدار کربن تثبیت شده در اندام‌های گیاهی و لاشبرگ در هر واحد سطح از سایت آستانه بیشتر از سایت گلیسار است (شکل ۳ a و b). این موضوع با توجه به پوشش گیاهی بهتر منطقه آستانه نسبت به گلیسار قابل توجیه می‌باشد (جدول ۱). همچنین متوسط کربن انباشت شده در پروفیل خاک در منطقه شاهد سایت آستانه بیشتر از سایت شاهد گلیسار است. با وجود این، کربن تثبیت شده در سایت مطالعاتی گلیسار عملیات بیولوژیکی بذرکاری ردیفی آگروپایرون در هر واحد سطح بیش از سایت مطالعاتی آستانه عملیات بیولوژیکی کپه‌کاری جاشیر می‌باشد (شکل ۳ c و d).

در نهایت، با توجه به میانگین‌های ظرفیت انباشت کربنی گونه‌های گیاهی و لاشبرگ در واحد سطح (جدول ۳) و نتایج اندازه‌گیری مرتع و تعیین درصد پوشش و مساحت گونه‌ها در مناطق شاهد و محدوده‌های پروژه‌های اصلاح مرتع، متوسط کربن تثبیت شده توسط پوشش گیاهی در هر واحد سطح برحسب گرم بر مترمربع از مناطق شاهد و محدوده‌های تحت پوشش پروژه‌های اصلاح مراتع تعیین شد. به همین صورت متوسط کربن تثبیت شده در خاک در هر واحد سطح نیز برای هریک از مناطق مورد مطالعه با توجه به نتایج آزمایشگاهی و رابطه ۳ تعیین گردید. در شکل (۳) میانگین و خطای استاندارد انباشت کربنی برای اندام‌های گیاهی، لاشبرگ و پروفیل خاک - بر حسب گرم بر مترمربع برای هریک از سایت‌های مورد مطالعه نمایش



شکل ۳- میانگین کربن تثبیت شده در لاشبرگ و اندام‌های گیاهی (الف و ب) و پروفیل خاک (ج و د) در واحد سطح برای مناطق شاهد و سایت‌های مطالعاتی. خطوط قرمز رنگ بیانگر محدوده خطای استاندارد برای میانگین ذخیره کربنی است (نقاط قرمز).

Figure 3- The average of concentrated carbon in litter and vegetable organs (a,b) and soil profile (c,d) for control and study sites. Red lines refer to standard error of mean of concentrated carbon

و زیرزمینی و چه در کل زیست توده - نشده‌اند. با وجود این، لاشبرگ‌های گیاهی در محدوده پروژه اصلاح مرتع گلیسار به صورت معنی‌دار ($p\text{-value} > 0/05$) کمتر از انباشت کربنی در سایت شاهد آن است. در ارتباط با پروژه اصلاح مرتع آستانه، هر چند غیرمعنی‌دار ($p\text{-value} < 0/05$) است اما انباشت کربنی در اندام‌های گیاهی در منطقه شاهد بیش از منطقه کپه‌کاری جاشیر می‌باشد. همچنین اختلاف انباشت کربنی بین لاشبرگ منطقه شاهد و منطقه عملیاتی این سایت جزئی و غیر معنی‌دار است.

در ارتباط با مقایسه اثر عملیات بیولوژیکی هر منطقه نسبت به منطقه شاهدش از لحاظ انباشت کربنی در اندام‌های گیاهی، لاشبرگ و خاک هر منطقه، در جدول (۴) نتایج آزمون‌های مقایسه میانگین با توجه به شرایط نرمال بودن/نبودن و همگنی واریانس داده‌ها ارائه شده است. با توجه به نتایج شکل (۳) و جدول (۴) در هیچ‌یک از سایت‌های مورد مطالعه عملیات بیولوژیکی باعث ایجاد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد برای میانگین انباشت کربنی در هر یک از اندام‌های گیاهی، چه در اندام‌های هوایی

جدول ۴- آماره‌های آزمون‌های مقایسه میانگین و معناداری اختلاف از لحاظ تثبیت کربن در خاک و اندام‌های گیاهی

Table 4- The statistics of mean comparison tests for carbon concentration in soil and plant organs

محل کربن تثبیت شده Carbon concentration location	منطقه آستانه Astane region		منطقه گلیسار Gelisar region			
	آماره آزمون Statistics	p-value	نوع آزمون Test type	آماره آزمون Statistics	p-value	نوع آزمون Test type
اندام هوایی Aerial organ	-1.25	0.21	من-ویتنی* Whitney-mann	-0.89	0.37	من-ویتنی Whitney-mann
اندام زیرزمینی Underground organ	-1.68	0.10	تی با واریانس برابر T-test with equal variance	-1.10	0.27	من-ویتنی Whitney-mann
زیست توده Biomass	-1.191	0.05	من-ویتنی Whitney-mann	-0.70	0.48	من-ویتنی Whitney-mann
لاشبرگ Litter	-0.61	0.54	من-ویتنی Whitney-mann	-3.10	0.00	من-ویتنی Whitney-mann
خاک Soil	0.53	0.63	تی با واریانس برابر T-test with equal variance	3.62	0.01	تی با واریانس برابر T-test with equal variance

*: آزمون مقایسه میانگین من-ویتنی بیانگر نرمال نبودن داده‌هاست. p-value بیش از ۰/۰۵ نیز بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

عملیاتی برابر $(\pm 12/5)$ و در سایت شاهد آن برابر $(\pm 4/0)$ تن می‌باشد. به همین ترتیب در منطقه آستانه انباشت کربنی در سایت عملیاتی برابر $(\pm 2/5)$ و در سایت شاهد آن برابر $(\pm 16/4)$ تن در هکتار است. به عبارت دیگر، با پذیرفتن این فرض که این اختلاف تنها ناشی از عملیات بیولوژیکی است، می‌توان بیان کرد که کل انباشت کربنی در نتیجه عملیات بیولوژیکی بذکراری ردیفی

بررسی انباشت کربنی در پروفیل خاک سایت‌های مورد مطالعه نشان داد که انباشت کربنی در هر دو منطقه عملیاتی بیش از مناطق شاهد است. با وجود این، افزایش انباشت کربنی فقط در سایت گلیسار معنی‌دار شد. در نهایت، با توجه به متوسط کربن تثبیت شده در خاک و اندام‌های گیاهی و لاشبرگ هر سایت مشخص شد که به‌طور متوسط در منطقه گلیسار انباشت کربنی در هر هکتار از سایت

کربنی خاک خواهد شد (Naseri, 2020)؛ از این رو اهمیت استفاده از گونه‌های مختلف جنس *Agropyron* نسبت به سایر گونه‌های مرتعی در این تحقیق و مطالعات مشابه (Naseri, 2020) نیز مشخص شده است. از سوی دیگر همراه شدن عملیات بیولوژیکی با انواع تیمارهای مدیریتی مانند قرق و تأخیر در چرا (Niknahad *et al.*, 2018) و تیمارهای مکانیکی مانند بانکت‌بندی، فارو و پیتینگ نیز تا حد زیاد و معنی‌داری می‌توانند تثبیت کربن و انباشت کربنی اکوسیستم‌های مرتعی را بهبود بخشند. به طوری که برای بهبود تثبیت کربن سیستم قرق، بانکت‌بندی و پیتینگ از بین سایر روش‌های مدیریتی و مکانیکی مؤثرتر معرفی شده‌اند (Gheitury *et al.*, 2019; Zahedi, 2018). البته اعمال تیمارهای مدیریتی تا حد امکان نباید با هدف تغییر کاربری اراضی مرتعی به ویژه تبدیل اراضی مرتعی به دیمزارهای گندم باشد (Joneidi *et al.*, 2014). محققان متعددی نشان دادند که این موضوع منجر به هدررفت ذخایر کربنی خواهد شد (Joneidi *et al.*, 2014; Hajabbasi *et al.*, 2008). با وجود این، با توجه به بازدهی‌های انجام شده از مراتع مورد مطالعه در این تحقیق، مشخص شد که مراتع شهرستان دهقان بیشتر در معرض چرای دام هستند تا تغییر کاربری به اراضی دیم، از این رو استفاده از مدیریت قرق به صورت تناوبی برای هر دو عرصه مورد مطالعه بشدت پیشنهاد می‌شود. در نهایت، با توجه به نتایج این پژوهش و مطالعات مشابه (Niknahad *et al.*, 2018; Parvizi *et al.*, 2018) می‌توان بیان کرد که پروژه‌های اصلاح مراتع چه به صورت بیولوژیکی و چه به صورت مکانیکی و یا ترکیبی باعث افزایش انباشت کربنی در خاک اکوسیستم‌های مرتعی می‌شوند و می‌توانند به عنوان یک راهکار کارآمد برای کاهش اثرهای سوء تغییر اقلیم و گازهای گلخانه‌ای مورد استفاده قرار بگیرند.

منابع مورد استفاده

– Abdi, N., Maddah Arefi, H. and Zahedi Amiri, G.H., 2008. Estimation of carbon sequestration in *Astragalus rangelands* of Markazi province (Case

آگروپایرون در منطقه گلیسار ۳۷/۴ تن در هکتار و در نتیجه کپه‌کاری جاشیر در منطقه آستانه ۱۰/۱ تن در هکتار در مدت زمان اجرای پروژه‌های اصلاح مرتع افزایش داشته است. بنابراین، با توجه به مدت زمان اجرای پروژه‌ها، به طور متوسط در منطقه گلیسار ۲/۲ تن کربن و در منطقه آستانه ۱/۰۱ تن کربن از هر هکتار در سال در نتیجه پروژه‌های اصلاح مرتع تثبیت شده است. از این رو، می‌توان بیان کرد که پروژه بذرکاری ردیفی آگروپایرون در منطقه گلیسار موفق‌تر از کپه‌کاری جاشیر در منطقه آستانه بوده است. شایان ذکر است که در هر دو منطقه این افزایش به صورت عمده در انباشت کربنی خاک انجام شده است و تفاوت معنی‌داری در انباشت کربنی گونه‌های گیاهی و لاشبرگ سایت‌های عملیاتی و مناطق شاهد مشاهده نشد.

بحث

با توجه به نتایج این پژوهش، اهمیت و کارآمدی طرح‌های اصلاح و احیا مراتع از لحاظ تثبیت کربن و افزایش انباشت کربنی در مناطق گلیسار و آستانه اصفهان به خوبی مشخص شد. آنچه در این ارتباط حائز اهمیت است شناخت نوع گونه‌های گیاهی سازگار با اقلیم هر منطقه و پربازده‌ترین عملیات اصلاحی برای تثبیت کربن است. با توجه به نتایج این پژوهش، مشخص شد که استفاده از گونه‌هایی مانند *A. A. verus*, *B. tomentellus* و *A. cephalantus* هم از لحاظ سازگاری با شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک و هم از لحاظ ظرفیت انباشت کربنی زیاد، قابلیت بالایی برای استفاده در طرح‌های اصلاح مراتع نه تنها با هدف بهبود تثبیت کربن بلکه با توجه به کلاس خوشخوراکی این گونه‌ها از لحاظ تولید علوفه نیز حائز اهمیت هستند. در مطالعات مشابه دیگر نیز استفاده از این گونه‌ها برای افزایش بازدهی تثبیت کربن به ویژه در مراتع مناطق خشک و نیمه‌خشک نیز توصیه شده است (Parvizi *et al.*, 2018; Abdi *et al.*, 2008). علاوه بر این، استفاده از گونه‌های مختلف جنس *Agropyron* همراه با تیمارهای مکانیکی آبخیزداری منجر به افزایش انباشت

- Heidari, P., Hojati, S., Enayatizamir, N. and Rayatpishheh, A., 2017. Effects of land use change on C stock and some biological characteristics of soils in parts of Rakaat watershed, east of Khuzestan province. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 24(1): 181-192. (In Persian with English summary)
- IPCC, IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate, 2019.
- Joneidi, H., Nazari, Z., Karami, P. and Gholinejad, B., 2014. The impact of rangelands conversion to dry-farming on the loss of organic carbon and nitrogen of soil in the vicinity of Sanandaj. *Journal of Environmental Erosion Research*, 4(3): 19-32. (In Persian with English summary)
- Lal, R., 2008. The role of soil organic matter in the global Carbon cycle. *Soil and Environment Pollution*, 116: 353-362.
- Marsaglia, G., Tsang, W.W. and Wang, J., 2003. Evaluating kolmogorov's distribution. *Journal of statistical software*, 8(18): 1-4.
- McLauchlan, K., 2006. The nature and longevity of agricultural impacts on soil carbon and nutrients: a review. *Ecosystems*, 9(8): 1364-1382.
- Naseri, S., 2020, Investigating the effect of biomechanical operations on carbon stocks and sequestration in the Kardeh basin. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 27(4): 716-729 (In Persian with English summary).
- Niknahad, H., Aghtabaye, A. and Akbarlou, M., 2018. Effects of grazing exclusion on some soil properties erodibility and carbon sequestration (Case study: Bozdaghin rangelands, North Khorasan, Iran). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 24(4): 708-718 (In Persian with English summary).
- Pahlavan Yali, Z., Zarrinkafsh, M. and Moeini, A., 2016. Quantitative estimation of soil carbon sequestration in three land use types (Orchard, Paddy Rice and Forest) in a part of Ramsar lands, northern Iran. *Iranian Journal of Water and Soil*, 30(3): 758-768 (In Persian with English summary).
- Parvizi, Y., Gheituri, M., Bayat, R., Shadmani, A.R. 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 with English summary).
- Rabiei, M., 2016. Measurement and assessment of rangeland. Press, Payame Noor University, 250p (In Persian).
- Ruxton, G. D., 2006. The unequal variance t-test is an underused alternative to Student's t-test and the Mann-Whitney U test. *Behavioral Ecology*, 17(4): 688-690.
- study: Malmir rangeland in Shazand region). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 15(2): 269-282 (In Persian with English summary).
- Ariapour, A., Mehrabi, H.R. and Dehpahlevan, A., 2016. The impacts of rangeland projects on rangeland produces, condition and tendency (Case Study: Nahavand, Khezel Rangelands). *Iranian Journal of Rangeland*, 10(2): 1-10 (In Persian).
- Burck, J., Marten, F. and Bals, C., 2014. The Climate Change Performance Index (CCPI) 2014: A comparison of the 58 top CO2 emitting nations. Climate Action Network Europe. Brussels, Belgium, pp: 29.
- Chitsaz, V., Eskandari, Z.A., Salehpour, S. and Matboe Riahi, M.R., 2013. Determination of the effects and potential of watershed management biological practices on carbon sequestration for climate change mitigation (Isfahan). Press, Soil Conservation and Watershed Management Institute, 85p (In Persian with English summary).
- Energy Information Administration (EIA), 2006. *International Energy Outlook 2006*. <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/index.html>
- Eskandari-Shahraki, A., Kiani, B. and Iranmanesh, Y., 2016. Effects of different landuse types on soil organic carbon storage. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 24(3): 379-389. (In Persian with English summary)
- FAO., 2016. Hunger, poverty and climate change: the challenges today and tomorrow
- Figueroa, J.D., Fout, T., Plasynski, S., McIlvried, H. and Srivastava, R.D., 2008. Advances in CO2 capture technology—the US Department of Energy's Carbon Sequestration Program. *International journal of greenhouse gas control*, 2(1): 9-20.
- Gheitury, M., Parvizi Y., Heshmati, M. and Ahmadi, M., 2018. Comparing the effects of different rangeland utilization on carbon sequestration in Kermanshah Province, Iran. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 25(1): 44-53 (In Persian with English summary).
- Gheitury, M., Heshmati, M. and Parvizi Y., 2019. Evaluating the effect of tropical range management on the development of soil properties and carbon stores (Case Study: south of Ghasreshirin in Kermanshah province). *Geography and Sustainability of Environment*, 8 (3): 1-12. (In Persian with English summary)
- Hajabbasi, M.A., Besaltpour, A. and Melali, A.R., 2008. Impacts of converting rangelands to cultivated land on physical and chemical properties of soils in west and southwest of Isfahan. *Iranian Journal of Water and Soil Science*, 11(42): 525:534 (In Persian with English summary).

mechanical range and watershed management operations on carbon sequestration in Gav-dareh watershed, Kurdistan province. Iranian Journal of Watershed Management Research, 10(18): 47-55 (In Persian with English summary).

- Walkley, A. and Black, I.A., 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organicmatter, and a proposed modification of the chromicacid titration method. Journal of Soil Science, 37:29-38.
- Zahedi, S., 2018. Investigation the impacts of

The impacts of plant species and rangeland practices on the carbon sequestration capacity (Case study: Dehaghan watershed, Isfahan province)

V. Chitsaz^{1*} and Y. Parvizi²

1*-Corresponding author, Senior Research Expert, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Isfahan, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran, Email: v.chitsaz@areeo.ac.ir

2- Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received:10/06/2021

Accepted:01/29/2022

Abstract

The increase in greenhouse gases emission over the last century has led to perturbation in the carbon cycle and has increased concerns. Therefore, the present study evaluated rangeland biological rehabilitation practices with native and cultivated plant species on carbon sequestration in Dehaghan region bushlands. For this purpose, two biological projects, including seeding *Agropyron trichophorum* in the Glisar region with a 17-year-old record and pit-seeding of *Prangos ferulacea* with a 10-year-old record in the Astane Sefla region were evaluated. Soil and plant sampling was carried out in the spring of 2013. Afterward, the carbon concentrations in soil and plant samples were evaluated based on Walkley black and Combustion Methods, respectively. Results also showed that the carbon sequestration capacity in the seeding of *A. trichophorum* in the Glisar region and pit-seeding of *P. ferulacea* in the Astane Sefla region has increased to 37.4 (on average 2.2 ton/ha/year) and 10.1 (in average 1.01 ton/ha/year) comparing to control region, respectively. In general, *A. trichophorum* seeding project has been more successful than *P. ferulacea* pit-seeding in terms of increasing carbon stabilization. The results also showed that *Astragalus verus* and *Bromus tomentellus* species have a high potential for carbon stabilization compared to many rangeland species in rangeland improvement projects.

Keywords: Rangeland planting, biological practices, carbon concentration, *Agropyron sp.*, *Prangos sp.*