

ارتباط ذخیره کربن گونه *Astragalus brachyanus* با صفات گیاهی، خصوصیات رویشگاهی و مدیریت مرتع (راژان، آذربایجان غربی)

❖ **جواد معتمدی***؛ دانشیار پژوهشی، بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

❖ **شکوفه ابراهیمی**؛ دانش آموخته کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

❖ **اسماعیل شیدای کرکج**؛ استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

چکیده

برآورد ذخیره کربن، یکی از ملزومات اساسی به‌منظور ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستم‌های مرتعی و ارزیابی اقتصادی ذخیره کربن، در عملیات اصلاح مراتع است. عملکرد گیاهان در مقدار ذخیره کربن، تابعی از ویژگی‌های گیاهی، عوامل محیطی و مدیریتی است. این‌رو، ارتباط ذخیره کربن سالانه گونه *Astragalus brachyanus* (گون درختچه‌ای) با صفات گیاهی، خصوصیات رویشگاهی و مدیریت مرتع، در مراتع کوهستانی راژان، بررسی شد. پنج مکان که گونه مذکور در آن پراکنش دارد و از نظر خصوصیات فیزیکی با یکدیگر تفاوت داشتند، انتخاب و بر مبنای نوع مدیریت (قرق یا غیر قرق؛ شدت چرای شدید، متوسط و کم) و جهت جغرافیایی، کد بندی شدند. در هر مکان، از پوشش گیاهی در داخل ۳۰ پلات ۲*۲ متر مربعی که با فاصله ۱۰ متر از یکدیگر در امتداد شش ترانسکت ۵۰ متری مستقر شدند، اندازه‌گیری شد. در هر مکان، ۱۵ پایه گیاهی *A. brachyanus* با ابعاد متنوع، انتخاب و ضمن اندازه‌گیری ویژگی‌های مشخصات ظاهری، رشد سال جاری آن‌ها جهت برآورد ذخیره سالانه کربن، قطع گردید. نمونه‌ها جهت برآورد ضریب تبدیل کربن، به آزمایشگاه منتقل شد. از هر مکان، سه نمونه مرکب خاک نیز برداشت شد. عوامل توپوگرافی (شیب، جهت جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا) و مدیریتی (شدت چرا در واحدهای مطالعاتی) نیز در هر مکان، ثبت گردید. به‌منظور بررسی ارتباط ذخیره کربن سالانه در بیوماس هوایی با عوامل محیطی و مدیریتی، از رگرسیون حداقل مربعات جزئی استفاده گردید. بر مبنای نتایج، مقدار ذخیره کربن گونه *A. brachyanus* در تیمارهای مختلف، با یکدیگر تفاوت معنی‌دار داشتند. ذخیره کربن سالانه بیوماس هوایی، با قطر تاج، تعداد جست و ارتفاع پایه گیاهی، ارتباط مستقیم و با نوع مدیریت (شدت چرا)، ارتباط معکوس دارد. بدین معنا که با افزایش قطر تاج، تعداد جست و ارتفاع پایه گیاهی، توان ذخیره کربن سالانه، افزایش و با افزایش شدت چرا، توان ذخیره کربن آن، به شدت کاهش می‌یابد. با توجه به اثر منفی چرای دام بر مقدار ذخیره کربن، مدیریت چرای بهینه به‌منظور حداکثر سازی ذخیره کربن، ضرورت می‌یابد. همچنین به‌منظور فراهم کردن زمینه افزایش ذخیره کربن گونه *A. brachyanus*، توجه به افزایش مشخصه‌های گیاهی در پروژه‌های توسعه و گسترش پوشش گیاهی و پروژه‌های اصلاح مراتع، ضرورت می‌یابد. در این راستا، عملیات پرورشی گون درختچه‌ای، باید در جهت افزایش صفات گیاهی و در نتیجه افزایش سطوح فتوسنتز کننده، صورت گیرد.

کلید واژگان: اکوسیستم‌های مرتعی، اصلاح مرتع، خدمات و کارکردهای طبیعت، ذخیره کربن، گون‌زارها.

۱. مقدمه

ترسب کربن به عنوان یکی از کارکردها و خدمات بالقوه مراتع و به عنوان بخشی از چرخه جهانی کربن، به تبادل کربن در شکل های متنوع دی اکسید کربن بین اتمسفر، بیوسفر، هیدروسفر و لیتوسفر اشاره دارد [۲۱، ۲۳، ۲۷]. ترسب یا رسوب کربن، به عنوان یکی از مهمترین کارکردهای اکوسیستم های طبیعی و بویژه مراتع، ساده ترین و اقتصادی ترین روش از میان روش های مطرح در جذب دی اکسید کربن مازاد موجود در جو، توسط اندام های هوایی و زیر سطحی و لاشبرگ گیاهان، گزارش شده است که با هدف کاهش غلظت کربن اتمسفری، مقابله با گرمایش هوا و اثرات سوء آن، صورت می گیرد [۷]. بر مبنای گزارش های ارائه شده، مقدار ذخیره در واحد سطح مراتع، ناچیز است ولی وسعت بالای این اراضی، سبب شده تا منابع و متون علمی، بر پتانسیل بالای این اراضی در ضبط و ذخیره کربن، اتفاق نظر داشته باشند [۸]. از همین رو، ضروری است افزون بر کارکردهای مختلف شامل تصفیه هوا، کاهش جریان های مخرب آب های سطحی، کاهش فرسایش، تغذیه سفره های آب زیر زمینی، استفاده های چند منظوره (آبزی پروری، پرورش زنبور عسل، تفرجگاه و غیره)، به پتانسیل بالای مراتع در ذخیره کربن به منظور کاهش غلظت این گاز در اتمسفر، توجه ویژه ای شود [۴، ۲۲، ۲۹]. نوع گونه گیاهی و حتی اندام های مختلف یک گونه، پتانسیل متفاوتی در ذخیره کربن دارند و عملکرد گیاهان در مقدار ذخیره کربن، تابعی از عوامل مختلف نظیر صفات مورفولوژیکی (ارتفاع پایه های گیاهی، قطر تاج پوشش، تراکم و الگوی پراکنش)، عوامل محیطی (ویژگی های توپوگرافی، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک)، عوامل مدیریتی (قرق و غیر قرق) و نوع کاربری اراضی است [۶، ۲۳]. از این رو، توسعه و گسترش پوشش گیاهی، با افزایش سطوح فتو سنتز کننده و نهایتاً افزایش سطح جذب کربن، منجر به تقلیل، تعدیل و یا تثبیت غلظت این گاز، در اتمسفر و ثبات یا احیاناً کاهش دمای فعلی کره زمین خواهد شد

[۳۱، ۳۲]. پتانسیل گونه های مختلف در برابر ترسب کربن، بسته به فرم رویشی نیز متفاوت است [۳، ۲۸]. گونه های بوته ای و خشبی به دلایلی چون برخورداری از ریشه عمقی و طولی، تراکم چوب بالا، زنده ماندن زیاد و تجزیه کندتر در مقایسه با گونه های علفی، از گونه های پر توان در جذب و ذخیره کربن، گزارش شده اند [۱۴، ۱۹]. بر همین اساس، تبدیل علفزار به بوتهزار، از اقدامات مؤثر در افزایش کمی و کیفی ذخیره کربن، معرفی شده اند [۱۸]. همچنین اعمال هرس با کاهش ارتفاع و حجم بوته ها و نهایتاً کاهش حجم بیوماس هوایی، موجب کاهش بیوماس کل و کاهش ذخیره کربن می شود [۲۴].

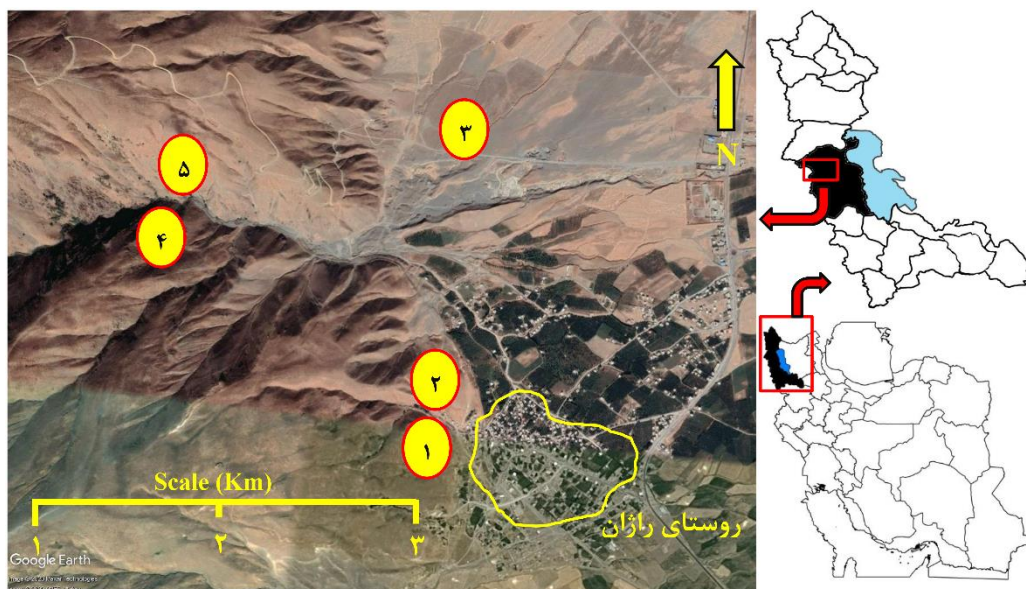
با توجه به غالبیت اقلیم خشک و نیمه خشک کشور که بارندگی ۳۰۰ - ۵۰ میلی متر از مشخصه های آن است، لزوم پژوهش بر میزان تأثیر عوامل محیطی اعم از عوامل فیزیوگرافی، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و نوع مدیریت، بر مقدار ذخیره کربن، از ملزومات اساسی برای مدیریت اراضی طبیعی است. با مد نظر قرار دادن این نکته که اطلاعات چندانی در ارتباط با تأثیر عوامل محیطی، صفات گیاهی و مدیریتی بر میزان ذخیره کربن در گونزارهای درختچه ای آذربایجان غربی در دست نیست، پژوهش حاضر با هدف بررسی ارتباط ذخیره کربن سالانه گونه *A. brachyanus* با ویژگی های گیاهی، خصوصیات رویشگاهی و مدیریت مرتع، در مراتع کوهستانی رازان ارومیه انجام شد. از آنجا که گونه مورد بررسی، بیشترین سهم را در ترکیب گیاهی مراتع منطقه دارد، مطالعه بر روی میزان ذخیره کربن آن در واحدهای مختلف مطالعاتی شامل جهات و طبقات مختلف ارتفاعی و مدیریت های متفاوت، انجام شد تا بر مبنای نتایج، بتوان به سؤالات مطرح نظیر این که: میانگین مقدار ذخیره کربن سالانه در بیوماس هوایی گونه *A. brachyanus* در واحدهای مختلف مطالعاتی، چقدر است؟ و اینکه مقدار کربن ذخیره شده، متأثر از کدام عوامل محیطی و مدیریتی است؟ پاسخ داد.

۲. روش شناسی

۲.۱. معرفی منطقه مورد مطالعه

مراعات مورد بررسی در غرب ارومیه، در موقعیت جغرافیایی $37^{\circ} 23' 49''$ تا $39^{\circ} 21' 39''$ عرض شمالی، در ارتفاع ۲۵۰۰ متری از سطح دریا، پراکنش دارد. مراعات مذکور از نظر خاک، پوشش گیاهی و توپوگرافی، معرف سطح وسیعی از گونه‌زارهای درختچه‌ای در شمال غرب کشور است که نتایج حاصل از آن قابل تعمیم به سایر رویشگاه‌های مشابه می‌باشد. آب و هوای منطقه بر اساس

ضریب خشکی دومارتن، از نوع آب و هوای مرطوب فراسرد و بر اساس روش آمبرژه، جزء اقلیم ارتفاعات سرد قرار می‌گیرد. متوسط بارندگی بلندمدت سالانه منطقه، $459/2$ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت آن، $5/6$ درجه سانتی‌گراد است. بر اساس روش آمبروترمیک، یک دوره مرطوب در منطقه حاکم است که از مهرماه، آغاز و تا اوایل خرداد ماه ادامه دارد. سایر ماه‌های سال، به‌عنوان دوره خشک، به‌شمار می‌آید. بنابراین، بیشتر بارش‌ها در هشت ماه از سال صورت می‌گیرد و دارای شدت بالا و زمان تداوم کم است که خود مؤثرترین عامل در فرسایش خاک منطقه محسوب می‌شود.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

۲.۲. روش بررسی

۲.۲.۱. مطالعات میدانی

با استناد به اینکه در تمامی سطح منطقه، گونه *A. brachyanus* به‌عنوان گونه غالب حضور دارد و از حداکثر فراوانی برخوردار است، پنج مکان مرتعی که گونه مذکور در آن پراکنش داشته و از نظر خصوصیات فیزیکی با یکدیگر تفاوت داشتند (جدول ۱)، انتخاب و بر مبنای

نوع مدیریت (قرق یا غیر قرق؛ شدت چرای شدید، متوسط و کم) و جهت جغرافیایی، گد بندی شدند. کدهای ذکر شده شامل؛ قرق و جهت شمالی (تیمار/ مکان A)، چرای شدید و جهت جنوبی (تیمار/ مکان B)، چرای کم و جهت شمالی (تیمار/ مکان C)، چرای متوسط و جهت جنوبی (تیمار/ مکان D)، چرای شدید و جهت شمالی (تیمار/ مکان E) می‌باشند.

جدول ۱. خصوصیات مکان‌های مورد پژوهش

شدت چرا	نوع مدیریت	درصد خاک لخت	درصد لاشیرگ	درصد پوشش تاجی	ارتفاع از سطح دریا	جهت غالب	شیب غالب (درجه)	مکان	کد
قرق	قرق	۵	۲۵	۶۰	۱۷۸۸	شرقی	۳۵	اول	A
شدید	غیرقرق	۳۵	۵	۳۵	۱۷۹۴	غربی	۲۴	دوم	B
کم	غیرقرق	۱۰	۲۰	۵۰	۱۷۰۸	شرقی	۳۴/۶	سوم	C
متوسط	غیرقرق	۲۰	۱۵	۴۵	۱۸۱۴	غربی	۳۰/۵	چهارم	D
شدید	غیرقرق	۳۰	۱۰	۳۵	۱۸۱۲	شرقی	۲۴/۱	پنجم	E

۲.۲.۲. مطالعات آزمایشگاهی

۲.۲.۲.۱. اندازه‌گیری کربن آلی

پس از خشک کردن نمونه‌های ۱۰۰ گرمی در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۲۴ ساعت، ضریب رطوبت موجود در نمونه‌ها محاسبه شد. با اعمال این ضریب در مقدار بیوماس تر نمونه‌ها که در عرصه اندازه‌گیری شده بود، مقدار وزن کل خشک آن‌ها محاسبه گردید. سپس با برداشت نمونه ۱۰ گرمی از نمونه‌های خشک شده در آون، مقدار کربن آن‌ها توسط احتراق در کوره الکتریکی به‌دست آمد. به این ترتیب که نمونه‌ای به وزن دو گرم در داخل ظرف بوتله چینی ریخته و در داخل کوره در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت پنج ساعت، قرار داده شد تا کاملاً سوخته و خاکستر خام (کل مواد معدنی) باقی بماند [۱۵]. در این روش، کاهش وزن حاصل از احتراق، مقدار ماده آلی را نشان می‌دهد (رابطه ۱) که ۵۶ درصد این ماده آلی، برابر کربن آلی (رابطه ۲) لحاظ می‌شود [۲]. در نهایت، ضریب تبدیل کربن، از تقسیم وزن کربن آلی (گرم) بر وزن نمونه خشک گیاهی مورد استفاده در کوره که همان دو گرم بود، حاصل شد (رابطه ۳). پس از به‌دست آمدن ضریب تبدیل کربن، با ضرب کردن آن در وزن خشک کل رشد سال جاری هر پایه، مقدار کربن آلی ذخیره شده در بیوماس هوایی، محاسبه گردید (رابطه ۴). با در نظر گرفتن میانگین کربن موجود در پایه‌ها و تراکم گونه *A. brachyanus*، میزان کربن ذخیره‌ای در واحد سطح، محاسبه شد (رابطه ۵).

برای آماربرداری از پوشش گیاهی در هر یک از مکان‌ها، شش ترانسکت ۵۰ متری با فاصله ۲۵ متر از یکدیگر، پیاده شد. سپس درصد پوشش تاجی و تعداد پایه هر یک از گونه‌ها، در داخل ۳۰ پلات دو در دو متر مربعی که با فاصله ۱۰ متر از یکدیگر در امتداد ترانسکت‌ها مستقر شده بودند، اندازه‌گیری شد [۱۷].

در مرحله بعد، در هر یک از مکان‌ها، ۱۵ پایه گیاهی از گونه *A. brachyanus* با ابعاد مختلف، انتخاب و ضمن اندازه‌گیری مشخصات ظاهری، رشد سال جاری آن‌ها جهت برآورد ترسیب کربن، قطع گردید. با توزین رشد سال جاری در عرصه و یادداشت آن، اقدام به برداشت نمونه‌های ۱۰۰ گرمی تر، از هر پایه *A. brachyanus* شد. در نهایت، نمونه‌ها جهت برآورد ضریب تبدیل کربن آن‌ها، به آزمایشگاه منتقل شد. مشخصات ظاهری که برای هر پایه گیاهی اندازه‌گیری شد شامل ارتفاع پایه، قطر تاج، تعداد جست، طول جست، محیط جست و محیط یقه بود. از هر مکان مطالعاتی (تیمار)، سه نمونه مرکب خاک به وزن یک کیلوگرم برداشت شد و جهت اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، به آزمایشگاه انتقال داده شد. عوامل توپوگرافی (شیب، جهت جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا) و عوامل مدیریتی (نظیر شدت چرا در واحدهای مطالعاتی) نیز برای بررسی ارتباط مقدار ذخیره کربن با عوامل محیطی و مدیریتی، ثبت گردید.

وزن خاک خشک در ۱۰۵ درجه سانتی گراد (gr)
حجم خاک خشک شده در ۱۰۵ درجه سانتی گراد (cm³)

۲,۲,۴. تجزیه و تحلیل داده‌ها

به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها، از تجزیه و تحلیل واریانس یک طرفه و به منظور مقایسه میانگین‌ها، از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد و مقدار ذخیره کربن در هر کدام از تیمارهای مطالعاتی، مورد بررسی قرار گرفت. به منظور کاهش حجم داده‌ها و استخراج فاکتورهای مهم، از رویکرد تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و نرم‌افزار SPSS¹⁸ استفاده شد. همچنین به منظور بررسی ارتباط ذخیره کربن سالانه بیوماس هوایی با عوامل محیطی و مدیریتی و صفات گیاهی، از رگرسیون حداقل مربعات جزئی استفاده گردید. این روش جهت بررسی مجموعه داده‌های با تعداد مشاهدات کم طراحی و توسعه یافته است [۳۰]. محاسبات مربوط به این بخش با استفاده از نرم‌افزارهای XLSTAT²⁰¹⁶ و Minitab¹⁷ صورت گرفت.

۳. نتایج

۳.۱. میانگین کربن بیوماس هوایی گونه

A. brachyanus در مکان‌های مختلف

نتایج حاصل از تجزیه واریانس میانگین مقادیر کربن در تیمارهای مورد بررسی، در جدول (۲) ارائه شده است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس یک طرفه پارامتر مقدار کربن، نشان داد که بین مقدار کربن تیمارهای مختلف، در سطح ۹۵ درصد، اختلاف معنی‌داری وجود دارد. میانگین و انحراف از معیار کربن در تیمارهای مختلف، در شکل (۲) ارائه شده است.

بر مبنای نتایج، ذخیره کربن در پایه‌های گیاهی واقع در تیمار C (مکان با شدت چرای کم و جهت شمالی) نسبت به دیگر تیمارها، بیشتر و کمترین مقدار مرتبط با تیمار B (مکان با چرای شدید و جهت جنوبی) می‌باشد. مقدار کربن دیگر تیمارها، حالت بینابینی دارد.

رابطه ۱ = ماده آلی =
(وزن نمونه بعد از سوختن - وزن نمونه قبل از سوختن) × ۱۰۰

رابطه ۲ = ماده آلی × ۰/۵۶ = کربن آلی

رابطه ۳

$$\frac{\text{وزن کربن آلی (بر حسب گرم)}}{\text{وزن نمونه خشک (بر حسب گرم)}} = \text{ضریب تبدیل کربن}$$

رابطه ۴ = کربن آلی ذخیره شده در بیوماس هوایی هر پایه
ضریب تبدیل کربن × وزن خشک رشد سال جاری

رابطه ۵ = مقدار کربن ذخیره شده در واحد سطح (کیلوگرم در هکتار)
تعداد پایه در هکتار × میانگین کربن موجود در پایه‌ها (کیلوگرم)

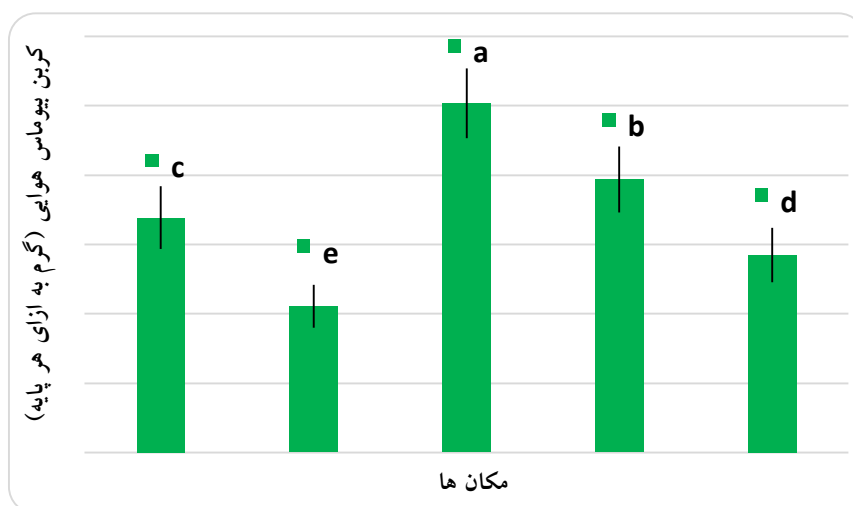
۲,۲,۳. اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

در این پژوهش، هدایت الکتریکی، اسیدیته، درصد کربن آلی، درصد رس، درصد سیلت، درصد شن، درصد رطوبت خاک، درصد تخلخل، درصد سنگریزه و وزن مخصوص ظاهری به عنوان خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در نظر گرفته شد. بافت خاک به روش هیدرومتر، کربنات کلسیم (آهک) به روش تیتراسیون با اسید، کربن آلی به روش واکلی-بلک، اسیدیته (pH) در گل اشباع، هدایت الکتریکی (EC) عصاره اشباع، ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) به روش جانشینی کاتیون‌های تبادلی با استات سدیم تعیین شدند. توان حفظ و نگهداشت رطوبت توسط اندازه‌گیری وزن گل اشباع، وزن مخصوص ظاهری نیز با استفاده از نمونه برداری توسط سیلندر و رابطه (۶)، صورت پذیرفت. درصد ذرات رس، سیلت و شن نیز به روش هیدرومتری و درصد آهک به روش تیتراسیون با سود اندازه‌گیری شدند [۱۰]. برای بهبود نتایج و افزایش دقت، هر نمونه خاک سه بار تحت آنالیز قرار گرفت و یک میانگین از آن استخراج گردید.

رابطه ۶ = وزن مخصوص ظاهری (gr/cm³)

جدول ۲. تجزیه واریانس میانگین مقادیر کربن بیوماس هوایی گونه *A. brachyanus* در تیمارهای مختلف

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	Sig
مکان	۴	۷۳۷۴/۰۲۱	۶/۵۷۰	۰/۰۰۰
خطا	۷۰	۱۱۲۲/۴۳۲	-	-
کل	۷۴	-	-	-



شکل ۲. میانگین و انحراف از معیار مقدار کربن بیوماس هوایی در تیمارهای مختلف
حروف متفاوت a, b, c, d و e بیانگر اختلاف معنی داری میانگین کربن تیمارهای مختلف در سطح احتمال ۹۵ درصد می باشد.

۳،۲. میانگین مقادیر صفات گیاهی و بیوماس

هوایی گونه *A. brachyanus* در مکان های مختلف

آمار توصیفی مربوط به پارامترهای گیاهی و کربن بیوماس هوایی گونه *A. brachyanus* در تیمارهای مورد بررسی، در جدول (۳) ارائه شده است.

۳،۳. میانگین مقادیر پارامترهای محیطی و

مدیریتی در مکان های مختلف

آمار توصیفی مربوط به پارامترهای محیطی و کربن آلی خاک در تیمارهای مورد بررسی در جدول (۴) ارائه شده است.

جدول ۳. آمار توصیفی صفات گیاهی و مقدار ترسیب کربن در مکان های مختلف

پارامتر	نماد	واحد	حداکثر	حداقل	میانگین	انحراف از معیار
کربن سالانه بیوماس هوایی	ABC	گرم به ازای هر پایه	۹۶/۳۷	۴۲/۱۷	۶۸/۴۱	۲۰/۶۷
ارتفاع پایه	H	سانتی متر	۸۵/۷۷	۵۸/۷۵	۷۵/۳۶	۱۰/۳۸
قطر تاج	CD	سانتی متر	۹۳/۸۶	۴۵/۲۸	۷۰/۲۷	۱۸/۷۶
تعداد جست	BN	-	۴/۱	۲/۲۸	۲/۹۷	۰/۷۳
محیط جست	BP	سانتی متر	۹/۷۷	۷/۲	۸/۲۶	۰/۹۷
طول جست	BL	سانتی متر	۸۱/۲۷	۶۳/۳۵	۷۴/۲۴	۷/۰۱
قطر یقه	BaD	سانتی متر	۲۰	۷/۹۶	۱۳/۵۹	۴/۸۸

جدول ۴. آمار توصیفی پارامترهای محیطی در مکان‌های مختلف

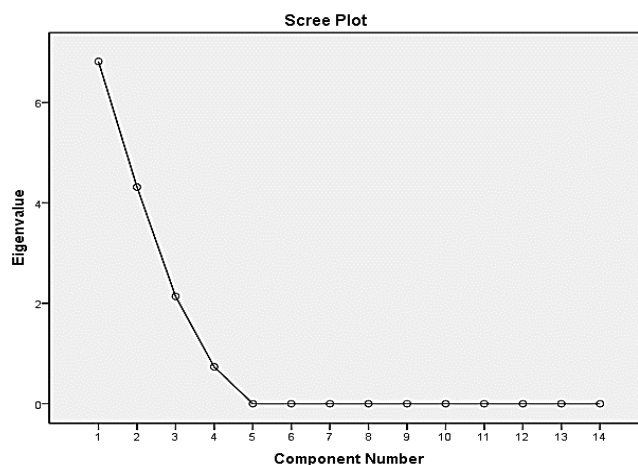
پارامتر	نماد	واحد	حداکثر	حداقل	میانگین	انحراف از معیار
کربن آلی خاک	SOC	تن در هکتار در عمق ۳۰ سانتی‌متری	۹/۱۳	۳/۲۳	۶/۲۱	۲/۲۲
وزن مخصوص ظاهری	BD	گرم بر سانتی‌متر مکعب	۰/۹۷	۰/۷۰	۰/۸۴	۰/۱۱
رس	Clay	درصد	۱۸	۱۲	۱۴/۸۰	۲/۲۸
سیلت	Silt	درصد	۴۸	۱۹	۳۵/۸۰	۱۰/۸۴
شن	Sand	درصد	۶۹	۳۹	۴۹/۴۰	۱۱/۶۱
رطوبت خاک	SM	درصد	۱۳/۵	۱۱/۲۱	۶/۷۱	۳/۸۵
تخلخل	Porosity	درصد	۴۴/۵۲	۶۰/۸۳	۵۲/۴۰	۶/۴۹
ارتفاع از سطح دریا	Ele	متر	۱۸۱۴	۱۷۰۸	۱۷۸۳/۲۰	۴۳/۵۱
جهت جغرافیایی	Aspect	-	۰/۸۵	۰/۱۵	۰/۴۳	۰/۳۸
نوع مدیریت (شدت چرا)	GI	-	۴	۱	۲/۸	۱/۳

۳،۴. نتایج حاصل از PCA به منظور کاهش

داده‌های عوامل محیطی و تعیین مهم‌ترین متغیرها

با استفاده از نمودار اسکری گراف (شکل ۳)، مشخص شد که از مؤلفه سوم به بعد، تغییرات مقدار ویژه کم

می‌شود. پس می‌توان سه مؤلفه را به عنوان مؤلفه‌های مهم که بیشترین نقش را در تبیین واریانس داده‌ها دارند، استخراج کرد ولی در پژوهش پیش رو، برای حصول دقت بیشتر، دو مؤلفه اول به عنوان مؤلفه‌هایی با بیشترین سهم در تبیین واریانس داده‌ها در نظر گرفته شد.



شکل ۳. نمودار اسکری گراف برای تعیین تعداد مؤلفه‌ها

جدول (۵) سهم متغیرها را در تبیین مؤلفه‌های مد نظر بعد از چرخش نشان می‌دهد. هر متغیر در مؤلفه‌ای قرار می‌گیرد که با آن مؤلفه همبستگی بالایی معنی‌داری داشته باشد.

با توجه به مقادیر جدول ۵، در صورتی که دو مؤلفه اول و دوم در نظر گرفته شود، چهار فاکتور (هدایت الکتریکی، اسیدیته، درصد سنگریزه و درصد شیب) حذف خواهند شد.

جدول ۵. ماتریس مؤلفه‌های دَوَران یافته

مؤلفه‌ها		پارامترهای محیطی
۲	۱	
۰/۷۸۰	۰/۱۳۸	هدایت الکتریکی
۰/۲۲۱	-۰/۳۷۸	اسیدیته
-۰/۹۴۸	۰/۰۰۹	کربن آلی خاک
-۰/۹۴۰	-۰/۲۸۸	رس
۰/۰۰۸	-۰/۹۵۳	سیلت
۰/۱۸۷	۰/۹۳۴	شن
۰/۹۲۸	-۰/۲۳۸	رطوبت خاک
-۰/۰۹۷	-۰/۹۵۹	تخلخل
۰/۵۹۶	۰/۲۵۳	سنگریزه
۰/۱۰۰	۰/۹۶۰	وزن مخصوص ظاهری
۰/۸۵۰	۰/۲۶۳	ارتفاع از سطح دریا
-۰/۱۹۸	-۰/۳۹۱	شیب

۳.۵. نتایج کاربرد آزمون PLS به منظور بررسی

ارتباط عوامل محیطی و مدیریتی و صفات گیاهی با مقدار ذخیره کربن

آنالیز تجزیه واریانس مربوط به معنی‌داری رگرسیون حداقل مربعات جزئی در جدول (۶) ارائه شده است. نتایج جدول تجزیه واریانس رگرسیون نشان می‌دهد که رگرسیون حداقل مربعات جزئی برازش شده بر روی دو مؤلفه استخراج شده از ماتریس داده‌ها، در سطح یک درصد معنی‌دار است. نتایج ماتریس همبستگی پارامترها با مؤلفه‌های استخراجی رگرسیون در جدول (۷) قید شده است. نمای بصری از چگونگی ارتباط پارامترهای وابسته و مستقل با یکدیگر و نیز چگونگی اثرگذاری آن‌ها بر مقدار ذخیره کربن گونه مورد بررسی در فضای دو بعدی حاصل از مؤلفه‌ها در شکل (۴) ارائه شده است.

در شکل ۴، پارامترهای مستقل (عوامل محیطی و مدیریتی و صفات گیاهی)، با بُردار و پارامتر وابسته (کربن بیوماس هوایی گونه *A. brachyanus* یا ^۱ABC)، مشخص

شده‌اند. نمودار پراکنش پارامترها در فضای دو مؤلفه (t_1 و t_2) رگرسیون حداقل مربعات جزئی، بیانگر رابطه عوامل محیطی و مدیریتی و صفات گیاهی با مقدار کربن ذخیره‌ای و همچنین ارتباط عوامل مذکور، با یکدیگر است. فاصله خطوط از پارامتر وابسته، نشانگر ارتباط یا عدم ارتباط عوامل مستقل و وابسته است. به این صورت که خطوط نزدیک، حاکی از ارتباط مستقیم و خطوط دور، بیانگر ارتباط معکوس عوامل محیطی و مدیریتی و صفات گیاهی با یکدیگر است. به بیان دیگر، هر چه زاویه فرضی بین پارامتر وابسته و مستقل، باز و به ۱۸۰ درجه نزدیکتر باشد، بیانگر ارتباط قوی منفی بین آن دو است. طول خطوط، بیانگر شدت اثر آن پارامتر بر مقدار ذخیره کربن است. به این معنی که هر چه طول خطوط کوتاه‌تر باشد، رابطه ضعیفی بین آن پارامتر و ذخیره کربن بیوماس هوایی حاکم است. طبق نتایج حاصل از شکل (۴)، پارامترهای BL (طول جست) و H (ارتفاع پایه گیاهی)، ارتباط مستقیم و قوی و پارامتر GI (نوع مدیریت)، ارتباط معکوس و قوی با ذخیره کربن بیوماس هوایی گونه *A. brachyanus* دارند. از

^۱Aerial Biomass Carbon

از همین رو، بر اساس ضرایب استاندارد شده (B)، عوامل مستقل رتبه بندی و مهم ترین آن ها تعیین می شوند. بر همین اساس نتایج جدول فوق نشان می دهد که بیشترین اثرگذاری بر مقدار ذخیره کربن گونه مورد بررسی، به ترتیب مربوط به فاکتورهای قطر تاج، تعداد جست، ارتفاع پایه گیاهی و نوع مدیریت و کمترین آن مربوط به پارامتر محیط جست است. در این ارتباط، ضرایب استاندارد و پارامترهای رگرسیون حداقل مربعات جزئی در جدول (۸) ارائه شده است.

بین پارامترهای مورد بررسی، پارامترهای BL (طول جست) و GI (نوع مدیریت) و پارامترهای CD (قطر تاج) و BN (تعداد جست)، به ترتیب شدت اثر کمتر و بیشتر بر مقدار ذخیره کربن در بیوماس هوایی گونه *A. brachyanus* در مکان های مورد بررسی دارند.

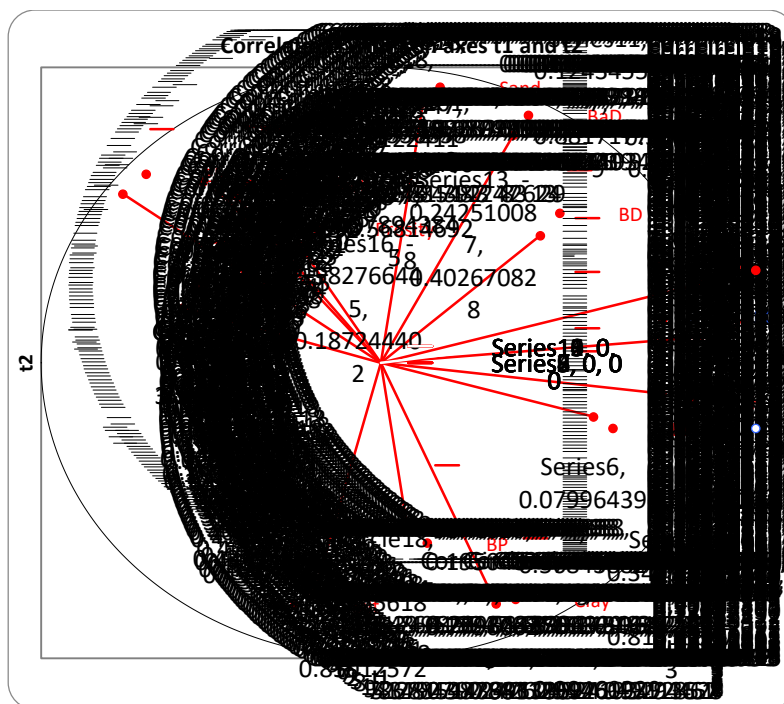
با عنایت به قرارگیری کربن بیوماس هوایی (ABC) در کمان دیاگرام، می توان بیان کرد که این پارامتر قویاً تحت تأثیر صفات گیاهی و عوامل محیطی و مدیریتی قرار گرفته و پیش بینی مناسبی صورت گرفته است. به دلیل نابرابری واحد پارامترها، امکان مقایسه ضرایب وجود ندارد.

جدول ۶. آنالیز رگرسیون حداقل مربعات جزئی بر روی مؤلفه های استخراجی

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مجموع مربعات	F	سطح معنی داری
رگرسیون	۲	۱۷۰۳/۶۳	۸۵۱/۸۱۳	۲۷۶/۴۱	۰/۰۰۴
خطای باقیمانده	۲	۶/۱۶	۳/۰۸۲	-	-
کل	۴	۱۷۰۹/۷۹	-	-	-

جدول ۷. ماتریس همبستگی پارامترها با مؤلفه های t_1 و t_2 استخراج شده از رگرسیون حداقل مربعات جزئی

متغیر	مؤلفه	
	t_1	t_2
قطر تاج	۰/۹۴۹	۰/۲۶۹
ارتفاع پایه گیاهی	۰/۸۲۹	- ۰/۱۰۴
قطر یقه	۰/۳۹۱	۰/۷۷۱
تعداد جست	۰/۹۳۹	۰/۰۸۷
محیط جست	۰/۰۸۰	- ۰/۵۶۸
طول جست	۰/۶۲۷	- ۰/۱۸۱
وزن مخصوص ظاهری	۰/۴۷	۰/۴۳۲
رس	۰/۳۴	- ۰/۸۱۵
سیلت	- ۰/۱۹۵	- ۰/۷۸
شن	۰/۱۲۴	۰/۸۸۲
رطوبت خاک	- ۰/۴۷۵	۰/۵۷۹
تخلخل	- ۰/۲۴۳	۰/۴۰۳
ارتفاع از سطح دریا	- ۰/۷۶۱	۰/۵۷۱
جهت جغرافیایی	- ۰/۴۳	۰/۵۶۸
شدت چرای دام	- ۰/۵۸۳	۰/۱۸۷



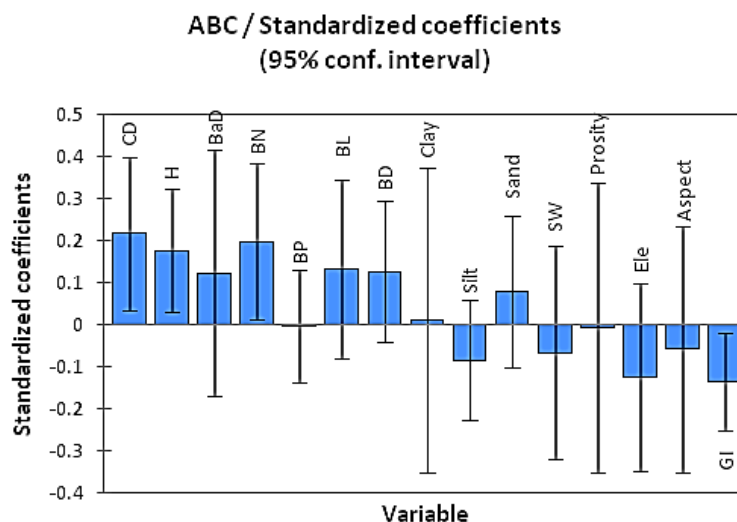
شکل ۴. نمودار چگونگی ارتباط عوامل محیطی و مدیریتی و صفات گیاهی با ذخیره کربن بیوماس هوایی گونه *A. brachyanus*

جدول ۸. ضرایب پارامترهای مدل رگرسیون حداقل مربعات جزئی

متغیر	پارامترهای مدل برآورد کربن بیوماس هوایی	ضرایب استاندارد مدل (Beta)	اولویت اثرگذاری پارامترهای قابل اطمینان
ثابت	۶۵/۹۶	-	-
قطر تاج	۰/۲۳۹	۰/۲۱۷	۱
ارتفاع پایه گیاهی	۰/۳۵۲	۰/۱۷۷	۳
قطر یقه	۰/۵۲۲	۰/۱۲۳	-
تعداد جست	۵/۵۷۷	۰/۱۹۸	۲
محیط جست	-۰/۰۵۴	-۰/۰۰۳	-
طول جست	۰/۳۹۱	۰/۱۳۳	-
وزن مخصوص ظاهری	۲۲/۶۴۷	۰/۱۲۷	-
رس	۰/۱۰۸	۰/۰۱۲	-
سیلت	-۰/۱۶	-۰/۰۸۴	-
شن	۰/۱۴۱	۰/۰۷۹	-
رطوبت خاک	-۰/۳۵۳	-۰/۰۶۶	-
تخلخل	-۰/۰۲	-۰/۰۰۶	-
ارتفاع از سطح دریا	-۰/۰۵۹	-۰/۱۲۳	-
جهت جغرافیایی	-۳/۰۸۸	-۰/۰۵۷	-
شدت چرای دام	-۲/۱۲۷	-۰/۱۳۴	۴

استرپ و در سطح معنی داری ۹۵ درصد بررسی می گردد. نتایج حاصل از فواصل اطمینان در شکل (۵) ارائه شده است.

از آنجا که در رگرسیون حداقل مربعات جزئی، آماری برای معنی داری ضرایب ارائه نمی شود، از همین رو قابل اعتماد بودن ضرایب این رگرسیون از طریق روش بوت



شکل ۵. فواصل اطمینان ضرایب استاندارد رگرسیون متغیرهای مستقل

مدیریت) است.

بر حسب بتای استاندارد متغیرها، پارامتری که بیشترین فاصله را از ضریب استاندارد صفر داشته باشد، بیشترین میزان اثرگذاری را در بین سایر پارامترها خواهد داشت. طبق نتایج فوق، پارامتر CD (قطر تاج) بیشترین اثرگذاری را دارد. نتایج حاصل از بررسی کیفیت برازش مدل در جدول (۹) ارائه شده است.

در صورتی که این بازه، صفر را در بر بگیرد، وزن بتا در مدل معنی دار نخواهد بود. پارامترهایی که عدد صفر را در بر نگیرند، با اطمینان ۹۵ درصد بیان می شوند. با توجه به نتایج مندرج در شکل فوق، می توان چنین عنوان کرد که ذخیره کربن بیوماس هوایی گونه مورد بررسی به احتمال ۹۵ درصد، تحت تأثیر پارامترهای CD (قطر تاج)، H (ارتفاع پایه گیاهی)، BN (تعداد جست) و GI (نوع

جدول ۹. آماره های تناسب برازش مدل رگرسیونی حداقل مربعات جزئی

آماره	ارزش
مشاهدات	۵
مجموع وزنها	۵
درجه آزادی	۲
ضریب تبیین	۰/۹۸۵
انحراف از معیار	۳/۵۹۱
خطای میانگین مربعات	۵/۱۵۹
خطای جذر میانگین مربعات	۲/۲۷۱

بیان کردند میزان ترسیب کربن از مناطقی با شدت چرای زیاد به مناطقی با شدت چرای کم، افزایش می یابد، همخوانی دارد. چرای دام از دو جهت بر کاهش زیتوده زیر زمینی و در نتیجه کاهش ترسیب اندام های زیر زمینی اثر می گذارد. چرا با تأثیر بر اندام های هوایی و زیر زمینی و با دارا بودن نقش مستقیم در کاهش پوشش گیاهی و نقش غیر مستقیم در کاهش کربن اکوسیستم، از طریق افزایش فرسایش پذیری خاک و بیابان زایی، بر موفقیت استقرار پوشش گیاهی و در نهایت بر مقدار کربن ذخیره ای اثر گذار است [۲۰، ۲۲].

در اثر چرا، اولاً برگ ها و ساقه ها توسط دام برداشت شده و گیاه در جهت ترمیم و بازسازی اندام های از دست رفته، مجبور به مصرف مقادیر قابل توجهی از مواد ذخیره ای موجود در اندام های زیر زمینی خود می کند که باعث کاهش رشد و نمو سایر قسمت های گیاه از جمله اندام های زیر زمینی می شود [۹، ۱۲]. پس می توان بیان نمود که ریشه ها به عنوان بزرگترین منبع ورود کربن به خاک، به خصوص در مناطق خشک که بخش قابل توجهی از بیوماس کل را ریشه گیاه تشکیل می دهد، حائز اهمیت بسیاریند. شایان توجه است که کربن ترسیب یافته در اندام هوایی گیاهان، از طریق لاشبرگ، به خاک اضافه می شود. نقش غیرمستقیم چرا بر کاهش پتانسیل ترسیب کربن اکوسیستم های طبیعی را می توان چنین تشریح کرد که تردد دام، پودر شدن خاک سطحی، کاهش نفوذپذیری خاک، افزایش رواناب و گند شدن توسعه ریشه در خاک را در بر دارد که در اثر گذشت زمان، منجر به کاهش زیتوده ریشه و کاهش توان ترسیمی آن خواهد شد. در نتیجه می توان چنین ادعا کرد که اعمال قرق، با افزایش درصد پوشش گیاهی و لاشبرگ ورودی به خاک، کاهش تبخیر، افزایش رطوبت نسبی خاک منجر به افت دما و فعالیت های میکروبی و کاهش شدت و سرعت تجزیه در مقایسه با مناطق تحت چرا می گردد. در این راستا، گزارش شد که بهره برداری و شدت چرای که از قسمت های مختلف مرتع می تواند صورت بگیرد، بر روی قابلیت ترسیب کربن در

طبق نتایج حاصل از جدول فوق، مدل حاصله با ضریب تبیین ۹۸/۵ درصد برای سناریوی استفاده از عوامل محیطی و صفات گیاهی، برازش شده است که نشان از دقت بسیار خوب مدل دارد. همچنین با توجه به نتایج ارائه شده در شکل (۴)، مشخص می شود که در نهایت پارامترهای CD (قطر تاج)، H (ارتفاع گیاه)، BN (تعداد جست) و GI (نوع مدیریت)، به عنوان پارامترهای باقی مانده در مدل منظور می گردد.

۴. بحث و نتیجه گیری

بر مبنای نتایج، مقدار ذخیره کربن سالانه بیوماس هوایی گونه *A.brachyanus* در تیمارهای مختلف، با یکدیگر تفاوت معنی دار دارند. همچنین، مقدار کربن سالانه بیوماس هوایی، با قطر تاج، تعداد جست و ارتفاع پایه گیاهی، ارتباط مستقیم و با نوع مدیریت (شدت چرا)، ارتباط معکوس دارد. بدین معنا که با افزایش قطر تاج، تعداد جست و ارتفاع پایه گیاهی، توان ذخیره کربن سالانه گونه *A.brachyanus* افزایش و با افزایش شدت چرا، توان ذخیره کربن آن، به شدت کاهش می یابد. ارتباط توان ذخیره کربن و مدیریت (قرق یا غیر قرق؛ چرای شدید، متوسط و کم)، همواره از موضوع ها و عناوین بحث برانگیز و از عوامل تعیین کننده در مقدار ذخیره کربن محسوب می شود. زیرا تعلیف دام از مراتع، منجر به تغییر ذخایر کربن اکوسیستم می شود، اما میزان این تغییر، بسته به شدت چرای دام و حجم بهره برداری دام از اکوسیستم، متفاوت است. افزایش شدت چرا و برداشت پوشش گیاهی توسط دام، منجر به افت درصد پوشش گیاهی، کاهش زیتوده گیاهی و در نهایت کاهش مواد آلی برگشتی به خاک و کاهش چشمگیر در ترسیب کربن گیاه و خاک می شود. اثرات منفی چرا در مناطقی با اقلیم خشک و نیمه خشک، به علت محدودیت دو عامل لاشبرگ و آب، چشمگیرتر گزارش شده است [۱۱، ۲۲]. نتایج پژوهش حاضر با دیگر مطالعات [۵، ۱۲، ۲۰] که

گردید؛ طبقات ارتفاعی بطور معنی داری بر توان ترسیب کربن گونه‌ها، تأثیرگذار است و بیشترین مقدار ترسیب کربن در رویشگاه‌های گون (که معمولاً نسبت به دیگر گونه‌ها، در ارتفاعات بالا دست پراکنش دارند) و در طبقات ارتفاعی بالاتر، اتفاق می‌افتد [۱۶]. افزایش مقدار ترسیب کربن در طبقات ارتفاعی بالاتر، به برداشت بیشتر پوشش گیاهی توسط دام و در نتیجه کاهش درصد پوشش تاجی و بیوماس گیاهی در طبقات ارتفاعی پایین‌تر نیز نسبت داده شده است که این موضوع، موجب کاهش بازگشت ماده آلی به خاک می‌شود [۱۸]. در مجموع، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که ذخیره کربن کل در واحد سطح گون‌زارها، با پوشش گیاهی، بیوماس و اجزای آن، مقدار لاشبرگ و کربن آلی خاک، رابطه مستقیم دارد [۱].

با مقایسه شدت اثر قطر تاج، تعداد جست و ارتفاع پایه گیاهی، روشن می‌شود که تأثیر قطر تاج بر افزایش پتانسیل ذخیره کربن بیوماس هوایی، مشهودتر از دو عامل تعداد جست و ارتفاع پایه گیاهی است. در بین سایر پارامترها نیز محیط جست به عنوان عاملی بی تأثیر یا کم تأثیر بر ذخیره کربن بیوماس هوایی، معرفی می‌شود. به بیان ساده‌تر، با احتمال ۹۵ درصد، قطر تاج، تعداد جست، ارتفاع پایه گیاهی و نوع مدیریت، به ترتیب در رتبه‌های اول تا چهارم از جنبه اثرگذاری بر ذخیره کربن گونه *A. brachyanus* قرار دارند.

اکوسیستم‌های طبیعی به عنوان فیلتر کربن مازاد اتمسفری در ثبات چرخه کربن و کاهش متوسط دمای جهانی نقش به‌سزایی دارند. گون‌زارها به دلایلی چون وسعت بالا، واقع شدن در مناطق خشک و نیمه خشک، حساسیت پذیری نسبتاً بالا به فرسایش، اکوسیستم شکننده آن، وجود گونه‌های بوته‌ای پایا و مقاوم به تنش‌های محیطی و نیز محدودیت منابعی نظیر آب و لاشبرگ و انحصاری بودن بیشتر گونه‌ها توجه ویژه‌ای در زمینه ذخیره کربن می‌طلبند. از همین رو در پژوهش حاضر، به بررسی عوامل مؤثر بر پتانسیل ذخیره کربن گون بوته‌ای *A. brachyanus* پرداخته شد. مرور گزارشات

سایت‌های مختلف مرتعی، تأثیر دارد [۲۵]. نتیجه بسیاری از مطالعات بر روی خاک‌های مراتع چرا شده در جهان، بیانگر هر دو اثر متناقض افزایش و کاهش [۸، ۳۳] ذخیره کربن بر اثر چراسست. اثر معنی‌دار چرای شدید بر کاهش بیوماس ریشه، به‌صورتی است که موجب کاهش سهم نسبی ریشه از کل کربن ترسیب شده در اکوسیستم (به دلیل کاهش بیوماس ریشه‌ای) گردیده و از طرف دیگر می‌تواند موجب افزایش سهم نسبی ریشه از کربن ترسیب شده در کل بیوماس گیاهی (به دلیل کاهش نسبت بیوماس تاج به ریشه) گردد [۲۶]. در مجموع، مقدار ذخیره کربن در واحد زمان، به خصوصیات رشد گونه‌های گیاهی و شیوه‌های مدیریت، تغییر کاربری اراضی، نوع عملیات احیایی، شرایط فیزیکی و بیولوژیکی خاک و ذخیره قبلی کربن در خاک بستگی دارد [۸، ۳۳].

خصوصیات توپوگرافی (شیب، جهت جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا) با تأثیر بر مقدار بارندگی، دما، نور دریافتی، رطوبت نسبی در اکولوژی گیاهی اثر گذارند. افزایش یا کاهش برخی فاکتورها نظیر ارتفاع از سطح دریا، الگوی مشخص و واحدی از افزایش یا کاهش ترسیب کربن ندارد. از همین رو نیازمند انجام پژوهش‌هایی در مقیاس محلی است [۲۱، ۳۴]. افزایش ارتفاع با افزایش بارندگی‌ها و کاهش دما علاوه بر این که از سرعت تجزیه و معدنی شدن کربن آلی می‌کاهد [۳۴]، با تحت تأثیر قرار دادن پاسخ عملکردهای زیستی و ترکیب پوشش گیاهی [۳۵] بستر لازم جهت افزایش توان ترسیب کربن ارتفاعات را فراهم می‌آورد [۳۴].

نتایج نشان داد که ارتفاع از سطح دریا، ارتباط مستقیم و قوی با مقدار ذخیره ترسیب کربن بیوماس هوایی دارد که با نتایج دیگر مطالعات [۳۴، ۳۵]، مطابقت و با دیگر نتایج که کاهش حجم لاشبرگ ورودی به خاک و کاهش مقدار ترسیب کربن را در نتیجه افزایش ارتفاع از سطح دریا گزارش کرده‌اند [۱۳]، ناسازگار است. در این ارتباط، با بررسی اثرات فیزیوگرافی بر توان ترسیب کربن خاک در تیپ‌های گیاهی مراتع کوهستانی کرمانشاه، گزارش

توان گونه‌های گیاهی مختلف و نیز شرایط اقلیمی، حاکی و مدیریتی متنوع حاکم بر مراتع دانست.

از آنجا که ایران در کنوانسیون‌های مقابله با بیابان‌زایی و تغییرات اقلیم عضویت دارد و به واسطه اهمیت موضوع، پیشنهاد می‌گردد؛ با توجه به اثر منفی چرای دام بر مقدار ذخیره کربن بیوماس هوایی گونه مورد بررسی، مدیریت چرای بهینه به منظور حداکثرسازی ذخیره کربن، ضرورت می‌یابد. به منظور فراهم کردن زمینه افزایش ذخیره کربن بیوماس هوایی گونه مورد بررسی، توجه به افزایش مشخصه‌های گیاهی نظیر تعداد جست، ارتفاع پایه گیاهی و قطر تاج در پروژه‌های توسعه و گسترش پوشش گیاهی و پروژه‌های اصلاح مراتع، ضرورت می‌یابد.

علمی ارائه شده در این زمینه، حاکی از پتانسیل بالای گونه‌های بوته‌ای در مقایسه با سایر فرم‌های رویشی در نگهداشت کربن اتمسفری، تخفیف یا تعدیل شدت اثر گازهای گلخانه‌ای و تغییر اقلیم است. با توجه به نتایج حاصل از پژوهش پیش‌رو، می‌توان چنین بیان کرد که به لحاظ آماری، اختلاف معنی‌داری بین متوسط کربن بیوماس هوایی در تیمارهای مورد بررسی وجود دارد. همچنین، متغیرهای قطر تاج، تعداد جست و ارتفاع پایه گیاهی و متغیر نوع مدیریت، به ترتیب دارای ارتباط قویاً مثبت و قویاً منفی با مقدار انباشت کربن بیوماس هوایی گونه مورد بررسی دارند. نتایج پژوهش پیش‌رو در پاره‌ای از موارد هم‌سو و در برخی موارد نیز در تضاد با پژوهش‌های پیشین است که علت آن را می‌توان در تفاوت

References

- [1] Abdi, N., Maddah Arefi, H. and Zahedi Amiri, Gh. (2007). Estimation of carbon sequestration in *Astragalus* rangelands of Markazi province (Case study: Malmir rangeland in Shazand region). Range and Desert Reserch, 15(2): 269-282. (In Persian)
- [2] Birdsey, R., Heath, I. and 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.
- [3] Capuana, M. (2020). A review of the performance of woody and herbaceous ornamental plants for phytoremediation in urban areas. iForest - Biogeosciences and Forestry, 13(2): 139-151.
- [4] Carpenter, S.R., Mooney, H.A., Agard, J., Capistrano, D., DeFries, R.S., Diaz, S., Dietz, T., Duraiappah, A.K., Oteng-Yeboah, A., Miguel Pereira, H., Perrings, C., Reid, W.V., Sarukhan, J., Scholes, R.J. and Whyte, A. (2009). Science for managing ecosystem services: beyond the millennium ecosystem assessment. Proceedings of the National Academy of Sciences, 106(5):1305-1312.
- [5] Chen, Y., Yu Qiang, L.I., Awada, T., HAN, J. and Qing, Y. (2012). Carbon sequestration in the total and light fraction soil organic matter along a chronosequence in grazing exclosures in a semiarid degraded sandy site in China. Journal of Arid Land, 4(4): 411-419.
- [6] Conti, G. and Diaz, S. (2013). Plant functional diversity and carbon storage e an empirical test in semi-arid forest ecosystems. Journal of Ecology, 101(1):18-28.
- [7] Dehdari, S., Movaghari, M., Khorsandi, Z. and Ehsani, A. (2018). Effect of grazing on carbon sequestration potential in *Artemisia sieberi* (Case study: Chah Mary rangelands in Behbahan). Journal of Range and Desert Research, 25(1): 227-234. (In Persian)
- [8] Derner, J.D. and Schuman, G.E. (2007). Carbon sequestration and rangelands: A synthesis of land management and precipitation effects. Journal of Soil and Water Conservation, 62(2): 77- 85.

- [9] Ghasemi Nejad Raeini, M. and Sadeghi, H. (2018). The evaluation of carbon sequestration at plant's organs and soil characteristics in understory of *Zygophyllum atriplicoides* and *Gymnocarpus decander* (Case study: Saleh-Abad, Hormozgan). *Journal of Range and Desert Research*, 24(4): 699-707. (In Persian).
- [10] Jafari Haghighi, M. (2003). Analytical methods of soil and the important physical and chemical sampling and analysis, with emphasis on theory and application. Nedaye zoha Publication, 236p. (In Persian).
- [11] Jeddi, K. and Chaieb, M. (2010). Changes in soil properties and vegetation following livestock grazing exclusion in degraded arid environments of South Tunisia. *Flora*, 205: 184-189.
- [12] Jonidi, H., Amani, S. and Karami, P. (2016). Effect of livestock grazing intensity on carbon sequestration and storage in protected rangelands of Bijar. *Journal of Rangeland*, 10(1): 53-67. (In Persian)
- [13] Kumar, S., Kumar, M., and Sheikh, M.A. (2013). Carbon stock variation of *Pinus roxburghii* Sarg. Forest along altitudes of Garhwal Himalaya, India. *Russian Journal of Ecology*, 44: 131-136.
- [14] Lashani Zand, M. Parvizi, Y., Ebrahimi, L., Masoudi, B. and Rafiee, B. (2016). Investigation and comparison of carbon sequestration with regard to biological operations in the two regions Rimele Khorramabad and Abkandari Koohdasht. *Journal of Range and Desert Research*, 23(2): 219-230. (In Persian)
- [15] MacDicken, K.G. (1997). A guide to monitoring carbon storage in forestry and agro forestry project. Winrock international institute for agricultural development forest carbon monitoring program, 91p.
- [16] Mahdavi, KH., Souri, M. and Choupanian, A. (2015). Effects of physiographic factors on soil carbon sequestration potential in vegetation types of *Astragalus gossypinnus* and *Astragalus parrowianus*. *Journal of Range and Desert Research*, 22(2): 289- 297. (In Persian)
- [17] Motamedi, J., Abdolslizadeh, Z. and Sheidai Karkaj, E. (2016). Field and laboratory methods for grassland and animal production research. University of Urmia Press, 529p. (In Persian)
- [18] Naderi, H., Hedayati Zadeh, R. and Daroodi, H. (2007). The effect of physiographic characteristics (height and gradient) on the amount of organic carbon and total nitrogen in soil. The 10th Iranian Soil Science Congress, Karaj, 349-350. (In Persian)
- [19] Nejadi, A. and Rahbar, F. (2012). Economic valuation of annual carbon sequestration potential for woody and shrub by land cover. *Journal of Environmental Science and technology*, 5(5): 389-392. (In Persian)
- [20] Niknahad, H., Aghtabye, A. and Akbarlou, M. (2018). Effects of grazing exclusion on some soil physical and, its erodibility and carbon sequestration (Case study: Bozdaghin rangelands, North Khorasan, Iran). *Journal of Range and Desert Research*, 24(4): 708-718. (In Persian)
- [21] Normohammadi, K. and Esmaeilzadeh, A. (2015). Changes in soil carbon sequestration along an altitudinal gradient in Salahodinkola Forest, Nowshahr. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 22(3): 109-125. (In Persian)
- [22] Panahian, A.R., Naseri, H.R., Karimpour Reyhan, M., Jafari, M. and Hoseini, S.A.R. (2016). Evaluation of carbon sequestration potential in sagebrush stands on the road side (Case study: Eyvanakey - Garmsar highway). *Journal of Range and Desert Research*, 23(1): 128-137. (In Persian)
- [23] Post, W.M. and Kwon, K.C. (2000). Soil carbon sequestration and land-use change, processes and potential. *Global Change Biology*, 6(3): 317-327.
- [24] Sheidai Karkaj, E., Motamedi, J. and Ebrahimi, S.H. (2018). Correlation of carbon sequestration of *Glycyrrhiza glabra* with some plant traits. *Proceeding of Third National Conference on Organic Cultivation and Propagation of Medicinal Plants*, Urmia, 143-148.
- [25] Sheidai Karkaj, E., Jafari Fotami, E. and Sasanifar, S. (2015). Application of different computational methods in estimating soil carbon sequestration rate (Case study: Chahar Bagh summer rangelands, Golestan province). *Journal of Rangelands*, 9(4): 420-430. (In Persian)
- [26] Shrestha G. and Stahl, P. (2008). Carbon accumulation and storage in semi-arid sagebrush steppe: Effects of long-term grazing exclusion. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 125(1-4): 173-181.
- [27] Sun, W. and Liu, X. (2020). Review on carbon storage estimation of forest ecosystem and applications in China. *Forest Ecosystems*, 7 (4): 1-12.

- [28] Wardle, D.A., Jonsson, M., Bansal, S., Bardgett, R.D., Gundale, M.J. and Metcalfe, D.B. (2012). Linking vegetation change, carbon sequestration and biodiversity: insights from island ecosystems in a long-term natural experiment. *Journal of Ecology*, 100(1):16-30.
- [29] Wetzel, F.T., Kissling, W.D., Beissmann, H. and Penn, D.J. (2012). Future climate change driven sea-level rise: secondary consequences from human displacement for island biodiversity. *Global Change Biology*, 18: 2707-2719.
- [30] Wold, H. (1966). Estimation of principal components and related models by iterative least squares. In: *Multivariate Analysis*. Eds. Krishnaiah, P.R. Academic Press, New York. pp. 391-420.
- [31] Yang, Y.H., Fang, J.Y., Ma, W.H., Smith, P., Monammat, A., Wang, A.P. and Wang, W. (2010). Soil carbon stock and its change in northern China's grassland from 1980s to 2000s. *Global Change Biology*, 16(11): 3036-3047.
- [32] Yeasmin, S., Jahan, E., Ashik Molla, Md., Mominul Islam, A.K.M., Parvez Anwar, Md., Harun Or Rashid, Md. and Sirinapa, L. (2020). Effect of Land Use on Organic Carbon Storage Potential of Soils with Contrasting Native Organic Matter Content. *International Journal of Agronomy*, 2020: 1-9.
- [33] Yong-Zhong, S., Yu-Lin, L., JianYuan, C. and Wen-Zhi, Z. (2005). Influences of continuous grazing and livestock exclusion on soil properties in a degraded sandygrassland, Inner Mongolia, northern China. *Catena*, 29: 267-278.
- [34] Zhang, M., Zhang, X.K., Liang, W.J., Jiang, Y., Dai, G.H., Wang, X.G. and Han, S.J. (2011). Distribution of soil organic carbon fractions along the altitudinal gradient in Changbai Mountain, China. *Pedosphere*, 21: 615-620.
- [35] Zhu, B., Wang, X., Fang, J., Piao, S., Shen, H., Zhao, S. and Peng, C. (2010). Altitudinal changes in carbon storage of temperate forest on Mt Changbai, Northeast China. *Journal of Plant Research*, 123: 439-452.