فصلنامه علمی - پژوهشی گیاه و زیست بوم
سال ۹، ویژه نامه شماره ۱-۳۶، پاییز ۱۳۹۲

تأثیرعامل توپوگرافی (ارتفاع) در توان ترسیب کربن خاک پای برخی گونه‌های گیاهی در حوزه سیاه‌خور

علی آریاپور[۱]، حمیدرضا محرابی[۱]، سمیه ازهاری[۱]*

چکیده

افزایش نگرانی‌ها درزمینه گرمایش جهانی و تغییر اقلیم موجب شده است که به خاک و قابلیت آن در ترسیب کربن به‌صورت پایدار توجه ویژه‌ای شود. بنابراین در راستای همین هدف، این پژوهش، به‌منظور بررسی نقش و تأثیر عامل توپوگرافی (ارتفاع) در توان ترسیب کربن خاک پای گونه‌های گیاهی مورد مطالعه در سه عمق مختلف انجام شد. به‌همین‌منظور یک منطقه معرف از سه تیپ گیاهی غالب (*Gundelia tournefortii*، *Astragqlus verus*، *Stipa barbata*) در مراتع حوزه سیاه‌خور واقع در شهرستان اسلام‌آباد غرب در استان کرمانشاه انتخاب شد، با استفاده از نقشه توپوگرافی و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و استفاده از GPS طبقات ارتفاعی ۱۶۰۰- ۱۴۰۰، ۱۸۰۰- ۱۶۰۰، ۲۰۰۰- ۱۸۰۰ منطقه مشخص گردید. تراکم و پوشش در هکتار و زیست‌توده هوایی و زیرزمینی هر سه گونه گیاهی غالب منطقه تعیین گردید، خاک پای هر سه گونه گیاهی مورد مطالعه در هر سه عمق مختلف خاک در هر سه طبقه ارتفاعی به تعداد سه تکرار برای هر گونه به آزمایشگاه برده شد. اندازه‌گیری ترسیب کربن خاک با روش والکی _ بلاک انجام شد. ترسیب کربن خاک پای زیست‌توده گیاهی رابطه مستقیم با ترسیب کربن زیست‌توده دارد. در این تحقیق مقایسه میانگین ترسیب کربن خاک پای سه گونه گیاهی مورد بررسی در سه طبقه مختلف ارتفاعی نشان داد که بیشترین میانگین ترسیب کربن خاک پای سه گونه گیاهی متعلق به گونه *Gundelia tournefortii* (کنگر)، بعد گونه *Astragqlus verus* (گون) و کمترین میانگین ترسیب کربن خاک متعلق به گونه *Stipa barbata* (استپی ریش‌دار) بود، در بین سه طبقه ارتفاعی در هر سه گونه گیاهی مورد بررسی بیشترین 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 میزان ترسیب کربن خاک کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: ترسیب کربن، توپوگرافی، *Gundelia tournefortii*، *Astragqlus verus*، *Stipa barbata*، حوزه سیاه‌خور

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بروجرد، گروه منابع طبیعی، بروجرد، ایران
* مکاتبه‌کننده: (somaiehazhari@yahoo.com)

تاریخ دریافت: بهار ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: تابستان ۱۳۹۲

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

در قرن حاضر چندین موضوع عمده زیست‌محیطی شامل تخریب زمین و بیابان‌زایی، تهدید تنوع زیستی، تضعیف منابع آب، ازبین‌رفتن تدریجی لایه ازن استراتوسفری، ازبین‌رفتن جنگل‌ها و مراتع و درآخر تغییر اقلیم از چالش‌های مهم در توسعه پایدار و فقرزدایی به‌شمار می‌روند (امیر اصلانی، ۱۳۸۲). تغییر اقلیم و افزایش گرمای جهانی یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در توسعه پایدار بوده که تأثیر منفی بر اکوسیستم‌های خشکی و آبی دارد، به‌طوری‌که یکی از آثار آن کاهش سطح خشکی‌ها ازطریق ذوب کوه‌های یخی و افزایش وسعت دریاهاست (برنامه عمران ملل متحد، ۲۰۰۰). تغییر اقلیم و افزایش گرمای جهانی به‌عقیده بسیاری از محققان ناشی از افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر است (Brooks, 1998). دی‌اکسیدکربن عمده‌ترین جزء گازهای گلخانه‌ای است (Lal, 2004). ماده آلی که بیشتر به‌عنوان یکی از شاخص‌های اولیه کیفیت خاک، در بحث کشاورزی و محیط‌زیست، درنظرگرفته می‌شود، درنتیجه تغییر اقلیم و افزایش دمای جهانی کاهش می‌یابد (Shakiba, 2000). به هر حال کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای موردپذیرش اکثر کشورهای جهان واقع شده است. عمده‌ترین مسأله پیش‌رو، مدیریت مطلوب میزان کربن می‌باشد که برای رسیدن به این هدف راهکارهایی پیشنهاد شده است: افزایش کارایی انرژی مصرفی، افزایش مصرف حامل‌های انرژی با کربن کمتر و یا بدون کربن (انرژی باد، انرژی هسته‌ای و انرژی زیستی) و جدیدترین راهکار شناخته شده: روش کربن‌گیری (به‌دام‌انداختن کربن اتمسفری) است. افزایش نگرانی‌ها در زمینه گرمایش جهانی و تغییر اقلیم موجب شده است که به خاک و قابلیت آن در ترسیب کربن به‌صورت پایدار توجه ویژه‌ای شود (Lal, 2001). در سال‌های اخیر توجه به ماده آلی خاک در رابطه با ترسیب کربن افزایش یافته (Houghton, 2003) و دستیابی به افزایش ترسیب کربن خاک به‌عنوان روش مناسبی برای کاهش تراکم CO_2 اتمسفری در مجامع علمی و سیاسی جهان مطرح شده است (Kimble, 2003). درمجموع به‌نظر می‌رسد عمده عوامل بوم‌شناختی موثر بر ترسیب کربن در یک اکوسیستم نظیر زیست‌توده گیاهی، میزان مواد غذایی و بافت خاک به‌طور غیرمستقیم متأثر از توپوگرافی خواهند بود و به‌همین‌دلیل عامل پستی و بلندی دارای نقش مهم و اساسی در تغییر پتانسیل یک اکوسیستم در جذب و ترسیب کربن خواهد بود (جنیدی جعفری، ۱۳۸۸). بقایای گیاهی از مهم‌ترین اشکال ورود مواد آلی به خاک هستند که شامل: برگ، شاخه، ریشه‌ها و ترشحات ریشه‌ای می‌شود، ازطرفی افزایش ماده آلی علاوه بر افزایش کیفیت خاک بر بهبود دانه‌بندی و پایداری خاک‌دانه‌ها تأثیرگذار بوده و از فرسایش خاک نیز جلوگیری می‌کند و مدیریت خاک به‌ویژه کنترل فرسایش و رسوب می‌تواند شرایط مناسبی برای ترسیب کربن فراهم نماید (عبدی، ۱۳۸۸). باتوجه به اینکه ترسیب کربن در لاشبرگ و خاک، از ترسیب کربن در پوشش درختی ناشی می‌شود و کربن موجود در بافت‌های درخت با قرار گرفتن در چرخه کربن، به کربن موجود در لاشبرگ و خاک تبدیل می‌شود، بنابراین بررسی ترسیب کربن در پوشش درختی از اولویت بیشتری برخوردار است (ورامش و همکاران، ۱۳۸۸). تغییر اقلیم با تأثیر بر رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک و همچنین چرخه عناصر غذایی، بر پوشش گیاهی و ترکیب گونه‌ها اثر می‌گذارد (Cheddadi *et al.*, 2001). پوشش گیاهی، هم در

Archive of SID

www.SID.ir

جذب CO_2 اتمسفری تأثیر دارد و هم با فراهم‌کردن نهاده‌های کربن به شکل بقایای گیاهی، بر مقدار ذخیره کربن خاک تأثیر می‌گذارد (DeNeergaard *et al.*, 2002). تخریب خاک، به کاهش حاصل‌خیزی، کاهش مقدار و کیفیت زیست‌توده برگشتی به خاک و درنتیجه کاهش ذخیره کربن آلی خاک می‌انجامد (Lal, 2004). مقدار مواد آلی خاک و به‌تبع آن مقدار کربن ترسیب‌شده در خاک، در واحد سطح به عوامل چندی از جمله وزن مخصوص ظاهری خاک بستگی دارد (Singh *et al.*, 2003). محمودی طالقانی و همکاران (۱۳۸۶) در برآورد میزان ترسیب کربن خاک در جنگل‌های تحت‌مدیریت در جنگل گلبند در شمال کشور به این نتیجه رسیدند که تأثیر حجم در هکتار جنگل رابطه مستقیم با میزان زیست‌توده جنگل داشته و درنتیجه به افزایش ذخیره کربن خاک کمک می‌نماید، همچنین تنوع در ترکیب و آمیختگی گونه‌ها یکی از عوامل مهم در افزایش ظرفیت ذخیره کربن در خاک می‌باشد. عبدی و همکاران (۱۳۸۷) در برآورد ظرفیت ترسیب کربن در گون‌زارهای استان مرکزی در منطقه مالمیر شهرستان شازند به این نتیجه رسیدند که ذخیره کربن در زیست‌توده اندام‌های هوایی بیش از ریشه‌ها بود، نتایج تجزیه همبستگی و رگرسیون گام‌به‌گام نشان داد که ترسیب کربن با ارتفاع و حجم بوته‌های گون زرد، زیست‌توده هوایی، زیست‌توده زیرزمینی، زیست‌توده کل، مقدار لاشبرگ و کربن آلی خاک رابطه مثبت و معنی‌دار داشت، به‌طورکلی گون‌زارها قابلیت بالایی در ترسیب کربن دارند و خاک مهم‌ترین مخزن کربن آلی در گون‌زارها است. ورامش و همکاران (۱۳۸۹) اثرهای جنگل‌کاری در افزایش ترسیب کربن و بهبود برخی ویژگی‌های خاک را موردبررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که ترسیب کربن در خاک توده اقاقیا به‌طور معنی‌داری بیشتر از توده کاج تهران و اراضی بایر اطراف است، کربن آلی خاک در عمق ۱۵- ۰ سانتی‌متری توده‌های جنگل‌کاری‌شده بیشتر از عمق ۳۰- ۱۵ سانتی‌متری بود ولی در اراضی بایر عکس این قضیه مشاهده شد، همچنین درصد رس و نیتروژن به‌ترتیب از مهم‌ترین اجزای تأثیرگذار بر مقدار کربن آلی خاک است. عبدی (۱۳۹۰) عوامل مؤثر بر ترسیب کربن آلی خاک در منطقه حفاظت‌شده هفتاد قله اراک را موردبررسی قرار داد و به این نتیجه رسید که ترسیب کربن آلی خاک با درصد لوم خاک، مقدار EC، درصد رطوبت اشباع خاک، زیست‌توده هوایی، زیست‌توده زیرزمینی و مقدار لاشبرگ رابطه مثبت و معنی‌دار داشت و با درصد سنگ و سنگریزه رابطه منفی معنی‌دار داشت. Woomer (2004) با مطالعاتی که در کشور سنگال بر روی میزان کربن ذخیره‌شده در خاک و گیاه انجام داد، به این نتیجه رسید که حدود ۶۰ درصد از کربن آلی خاک، در عمق ۲۰ سانتی‌متری از سطح خاک ذخیره شده است. نتایج مطالعه Lemma *et al* (2006) در ترسیب کربن خاک در گونه‌های درختی مختلف غیربومی در جنوب‌شرقی هایلند اتیوپی نشان داد که توده‌های ۲۰ ساله به‌ترتیب *Pinus patula* و *Cupressus lusitania* منجربه افزایش ترسیب کربن درحدود ۹۶/۶ و ۹۲/۳ تن در هکتار پس از ۲۰ سال شدند. Hu *et al* (2008) با مطالعه تأثیر جنگل‌کاری با گونه‌های *Mongolian pine* و *Poplar* در علفزارهای چین به این نتیجه رسیدند که جنگل‌کاری در علفزارهای این منطقه باعث افزایش ترسیب کربن خاک می‌شود. نتایج مطالعات Dinakaran & Krishnayya (2008) در تأثیر تیپ‌های مختلف پوشش گیاهی و خاک روی ترسیب

Archive of SID

www.SID.ir

کربن در هند نشان داد که نوع پوشش گیاهی و کاربری اراضی تأثیر معنی‌داری بر میزان کربن آلی خاک دارد. Dong *et al* (2009) با مقایسه ترسیب کربن توده‌های جنگل‌کاری‌شده *Cunninghamia lanceolata* و *Michelia macclurei* به این نتیجه رسیدند که ترسیب کربن خاک در *M. macclurei* به‌صورت معنی‌داری بیشتر از *C.lanceolata* بوده و پتانسیل کربن گونه‌های پهن‌برگ بیشتر از گونه‌های سوزنی‌برگ می‌باشد. باتوجه به مطالب مذکور، هدف از این تحقیق تعیین نقش اندام‌های هوایی و زیرزمینی گیاهان در ترسیب کربن خاک، برآورد کربن ترسیب‌شده در اعماق مختلف خاک و تعیین اثر عامل توپوگرافی (ارتفاع) بر ترسیب کربن خاک منطقه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه سیاه‌خور با مساحت ۹۸۴۹/۱ هکتار در شمال شرق شهر اسلام‌آبادغرب و در فاصله ۱۰ کیلومتری اسلام‌آبادغرب در استان کرمانشاه واقع شده است. محدوده حوزه مورد مطالعه از ''۰۷ '۳۰ °۴۶ تا ''۵۷ '۳۶ °۴۶ طول شرقی و ''۵۹ '۰۷ °۳۴ تا ''۴۸ '۱۶ °۳۴ عرض شمالی می‌باشد. مهم‌ترین آبراهه موجود در منطقه رودخانه چم برزه می‌باشد. محیط حوزه ۵۶/۵۷۳ کیلومتر، بیشترین ارتفاع منطقه ۲۳۶۳ و کمترین ارتفاع معادل ۱۳۷۱/۱ متر از سطح دریا می‌باشد، ارتفاع متوسط حوزه ۱۶۵۳/۵ متر از سطح دریا برآورد گردیده است. شیب متوسط وزنی حوزه ۲۲ درصد و شیب میانه ۱۸ درصد می‌باشد.

اقلیم منطقه موردمطالعه دارای یک رژیم بارندگی مدیترانه‌ای می‌باشد. متوسط بارندگی سالیانه حوزه ۶۲۱/۸ میلی‌متر برآورد شده که ۷۷/۴ درصد آن در ۶ ماهه اول سال آبی می‌بارد. رژیم دمایی منطقه، متأثر از رخنمون و پراکندگی ارتفاعات و توده‌های هوایی که منطقه را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند، بین متوسط حداقل ۳/۴ و متوسط حداکثر ۱۹/۹ درجه سانتی‌گراد متغیر است. میانگین دمای سالانه و تبخیر و تعرق پتانسیل به ترتیب ۱۱/۳ درجه سانتیگراد و ۱۷۴۴/۱ میلی‌متر از روش پنمن برآورد شده است. به‌طور مشخص ضریب برف‌گیری سالانه محدوده موردبررسی حدود ۳۱/۶ درصد برآورد شده است (علیزاده، ۱۳۷۴). منطقه مورد مطالعه یک منطقه معرف از سه تیپ گیاهی غالب *Gundelia tournefortii*، *Astragalus* verus و *stipa barbata* بود. سایر گونه‌های همراه عبارت بودند از: *AnthemisSp, Bromus Danthoniea, Poa Bulbosa, Vicia villosa, Amygdalus orientalis, Salvia bracteta, Daphne mucronata, Aneemone biflora, Erodium cicutarium,Clypeolala ppacea, Acerc ineracens, Quercus branti,Malva sp, Papaver sp.*

روش تحقیق: روش نمونه‌برداری میدانی

محور اصلی پژوهش حاضر بررسی تأثیر عامل توپوگرافی (ارتفاع) بر روی توان ترسیب کربن خاک پای سه گونه گیاهی *Gundelia tournefortii* (کنگر)، *Astragalus verus* (گون زرد)، *stipa barbata* (استپی ریش دار) در ۳ طبقه ارتفاعی (۱۶۰۰- ۱۴۰۰، ۱۸۰۰- ۱۶۰۰، ۲۰۰۰- ۱۸۰۰) است. روش کار به‌این‌صورت است که پس از بررسی نقشه تیپ‌های گیاهی موجود، بازدید صحرایی و با کمک نقشه‌های توپوگرافی و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و با استفاده از GPS طبقات ارتفاعی مشخص گردید و سپس منطقه

Archive of SID

www.SID.ir

همگن مشخص و در داخل آن منطقه معرف تعیین شد و برای هر سه گونه گیاهی مقادیر تراکم و پوشش در هکتار، زیست‌توده تولیدی (ریشه و هوایی) گیاه و مقادیر کربن ترسیب‌شده در خاک پای هر سه گونه گیاهی در سه عمق مختلف آن، به‌صورت مجزا در سه طبقه ارتفاعی محاسبه گردید. برای تعیین تعداد نمونه از روش آماری برآورد حجم نمونه استفاده گردید (مصداقی، ۱۳۸۲). واحد نمونه‌گیری پلات و ترانسکت بود. در هر واحد معرف منطقه همگن در هر طبقه ارتفاعی ابتدا دو ترانسکت خطی موازی یکدیگر (به فاصله ۳۰ متر از یکدیگر و طول هر کدام ۵۰ متر) به‌صورت تصادفی مستقر می‌شود. به فاصله هر ۱۰ متر در طول ترانسکت پلات‌هایی به ابعاد یک مترمربع انداخته می‌شود (ارزانی، ۱۳۷۶). باتوجه به سطح تاج پوشش گونه‌های گیاهی موردبررسی، سطح هر پلات یک مترمربع تعیین گردید (ارزانی، ۱۳۷۶). زمان نمونه‌گیری مصادف با حداکثر رویش گونه‌های گیاهی موردبررسی است. برای اندازه‌گیری درصد تاج پوشش هرگونه گیاهی دو قطر کوچک و بزرگ گیاه اندازه‌گیری شد، از حاصل‌ضرب دو قطر مساحت تاج پوشش پایه‌های مختلف در داخل هر پلات به‌دست آمد (ارزانی، ۱۳۷۶). برای اندازه‌گیری تراکم از روش شمارش تعداد پایه از هر گونه گیاهی در واحد سطح پلات‌هایی که در طول ترانسکت نواری هستند استفاده شد (مقدم، ۱۳۷۹). برای اندازه‌گیری زیست‌توده هوایی از روش نمونه‌گیری مضاعف استفاده شد (مصداقی، ۱۳۸۴). برآورد زیست‌توده زیرزمینی گونه‌های موردبررسی از روش نسبت وزن زیست‌توده زیرزمینی به زیست‌توده هوایی تعیین شد. به‌منظور نمونه‌برداری از خاک در واحد معرف منطقه همگن در هر طبقه ارتفاعی سه پروفیل خاک در مجاور هر کدام از سه گونه گیاهی حفر گردید که برای هر گونه گیاهی در هر سه طبقه ارتفاعی نه پروفیل خاک و به‌طورجمع برای هر سه گونه گیاهی در هر سه طبقه ارتفاعی ۲۷ پروفیل خاک حفر گردید. در هر پروفیل از سه افق ۳۰- ۰، ۵۰- ۳۰ و ۵۰- ۰ سانتی‌متر نمونه خاک برداشت شد.

روش آزمایشگاهی

تعیین وزن مخصوص ظاهری خاک با استفاده از روش کلوخه انجام شد. برای تعیین درصد کربن آلی خاک از روش والکی - بلاک استفاده شد، این روش بر پایه اکسیداسیون مرطوب مواد آلی است.

رابطه۱: $\% OC = M . 0.39 .[(v1 – v2) /S]$

M: نرمالیته فرو آمونیوم سولفات،

V1: میلی‌لیتر فرو آمونیوم سولفات مصرفی برای بلانک،

V2: میلی‌لیتر فرو آمونیوم سولفات مصرفی برای نمونه

S: وزن خاک خشک‌شده در هوای آزاد

OC%: درصدکربن آلی خاک

روش تجزیه و تحلیل اطلاعات

پس از به‌دست‌آوردن نتایج، آنالیز آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS (Version 16) صورت گرفت. به‌منظور نرمال‌بودن داده‌ها از آزمون Kolmogrov–Smirnov استفاده شد. برای مقایسه کلی شاخص‌های موردبررسی گونه‌ها در طبقات مختلف ارتفاعی از آنالیز واریانس یک‌طرفه ANOVA استفاده شد. برای مقایسه چندگانه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد. برای بررسی ارتباط بین متغیرهای مستقل و وابسته از همبستگی

Archive of SID

www.SID.ir

پیرسون و آنالیز رگرسیون خطی استفاده شد. نمودارها نیز با نرم‌افزار Excel رسم شد.

نتایج

میانگین سه گونه گیاهی در سه طبقه ارتفاعی

نتایج نشان داد که میانگین تراکم و پوشش در هکتار، زیست‌توده (هوایی و زیرزمینی) و ترسیب کربن خاک پای هر یک از سه گونه گیاهی موردبررسی در طبقات مختلف ارتفاعی با همدیگر متفاوت است، همچنین در بین هر سه گونه گیاهی در هر یک از طبقات ارتفاعی نیز این شاخص‌ها با همدیگر متفاوت است. براساس نتایج به‌دست‌آمده بیشترین میانگین تراکم و پوشش در هکتار، زیست‌توده (هوایی و زیرزمینی) و ترسیب کربن خاک پای هر سه گونه گیاهی در طبقه ارتفاعی ۲۰۰۰- ۱۸۰۰، کمترین میانگین در طبقه ارتفاعی ۱۶۰۰- ۱۴۰۰ و متوسط میانگین در طبقه ارتفاعی ۱۸۰۰- ۱۶۰۰ دیده شد. در بین هر سه گونه گیاهی بیشترین میانگین تراکم و پوشش در هکتار، زیست‌توده (هوایی و زیرزمینی) و ترسیب کربن خاک پای گونه گیاهی متعلق به گونه گیاهی *Gundelia tournefortii* (کنگر) بود، کمترین میانگین متعلق به گونه *stipa barbata* (استپی ریش‌دار)، و متوسط میانگین متعلق به گونه گیاهی *Astragalus verus* (گون زرد) بود. همچنین در هر سه گونه گیاهی میانگین ترسیب کربن خاک در سه عمق مختلف آن متفاوت بود و هرچه عمق خاک افزایش می‌یابد میزان ترسیب کربن خاک کاهش می‌یابد. جدول ۱، ۲ و ۳ میانگین تراکم و پوشش در هکتار، زیست‌توده (هوایی و زیرزمینی) و ترسیب کربن خاک پای هر سه گونه گیاهی در هر سه عمق مختلف آن در هر سه طبقه ارتفاعی را نشان می‌دهد.

نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های موردبررسی

به‌منظور بررسی تأثیر عامل توپوگرافی (ارتفاع) بر روی توان ترسیب کربن خاک پای سه گونه گیاهی *Gundelia tournefortii* (کنگر)، *Astragalus verus* (گون زرد)، *stipa barbata* (استپی ریش‌دار) از آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح اختلاف ۵ درصد برای تعداد سه فاکتور (گونه گیاهی، خاک و ارتفاع)، با تعداد سه تکرار برای هرکدام انجام شد و نتایجی به شرح جداول زیر به‌دست آمد.

مقایسه میانگین شاخص‌های موردبررسی در قالب رسم نمودار

شاخص‌هایی که پیش‌تر بررسی شدند تراکم و پوشش در هکتار، زیست توده (ریشه و هوایی)، ترسیب کربن خاک پای سه گونه گیاهی را در اشکال زیر بر اساس آزمون دانکن نشان داده و به‌طور واضح با استفاده از حروف غیرمشترک تفاوت‌ها در سطح اختلاف آماری ۵ درصد نشان داده شده است.

بررسی تجزیه رگرسیون و همبستگی بین ترسیب کربن خاک پای گونه‌های گیاهی با سه طبقه ارتفاعی

بین ترسیب کربن خاک پای هر سه گونه گیاهی در سه عمق (۳۰- ۰، ۵۰- ۳۰، ۵۰- ۰) با سه طبقه ارتفاعی (۱۶۰۰- ۱۴۰۰، ۱۸۰۰- ۱۶۰۰، ۲۰۰۰- ۱۸۰۰) همبستگی مثبت وجود دارد. بررسی ضریب همبستگی بین این دو فاکتور نیز گفته فوق را تصدیق می‌نماید، که با توجه به این ضریب همبستگی می‌توان به رابطه مستقیم این دو فاکتور

Archive of SID

www.SID.ir

پی برد. با سطح اطمینان ۹۹ درصد می‌توان بیان داشت که با افزایش ارتفاع، ترسیب کربن خاک پای گونه‌های گیاهی *Gundelia tournefortii* (کنگر)، *Astragalus verus*(گون زرد)، *stipa barbata* (استپی ریش‌دار) افزایش می‌یابد. برای اطمینان از نتیجه به‌دست‌آمده و نیز برای تعیین میزان ارتباط بین این دو فاکتور، آنالیز رگرسیون بین این دو فاکتور صورت گرفت. نتیجه حاصل از آنالیز رگرسیون، نتایج همبستگی را تأیید نموده و وجود رابطه مستقیم بین این دو فاکتور را تصدیق می‌نماید. با سطح اطمینان ۹۵ درصد می‌توان بیان داشت که با افزایش ارتفاع، ترسیب کربن خاک پای گونه‌های گیاهی افزایش می‌یابد.

نتایج نشان داد که ترسیب کربن خاک پای هر سه گونه گیاهی رابطه مستقیم با میانگین تراکم و پوشش در هکتار و زیست‌توده تولیدی گیاه دارد به‌طوری‌که بیشترین میانگین ترسیب کربن خاک پای سه گونه گیاهی در بالاترین طبقه ارتفاعی (۲۰۰۰- ۱۸۰۰) مشاهده شد که در این طبقه ارتفاعی تراکم و پوشش در هکتار و زیست توده تولیدی گیاه از دو ارتفاع دیگر بیشتر است. که این موضوع توسط Bruce *et al* (1999) به اثبات رسیده است که آنها نیز ضمن بررسی ترسیب کربن خاک و عوامل بقاء آب و خاک معتقدند مقدار مواد آلی خاک با قابلیت تولیدی آن رابطه مستقیم دارد و با افزایش زیست‌توده گیاهی در اراضی و جلوگیری از فرسایش و تخریب خاک و اعمال روش‌های حفاظت خاک، می‌توان مقدار مواد آلی خاک و در نتیجه ترسیب کربن در خاک را افزایش داد. براساس نتایج این تحقیق مشاهده شد که بین ترسیب کربن خاک و مواد آلی خاک با تراکم و پوشش در هکتار و زیست‌توده تولیدی گیاه رابطه مستقیم معنی‌دار در سطح ۵ درصد مشاهده شد که نتایج این تحقیق با تحقیقات Birdsey *et al* (2000) متفاوت است آنها ارتباط بین شرایط خاک و ارتفاع و شادابی گیاه را موردمطالعه قرار دادند، نتایج آنها نشان داد که بین گونه‌های گیاهی و تراکم گونه با مواد آلی خاک رابطه معنی‌داری وجود ندارد. افزایش ترسیب کربن معادل افزایش زیست‌توده گیاهی، افزایش تولید، بهبود حاصل‌خیزی خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و جلوگیری از فرسایش آبی و بادی است. به‌همین‌سبب ترسیب کربن علاوه بر دارابودن ارزش‌های حفاظتی و پایه‌ای، به‌دلیل افزایش تولید زیست‌توده، ازنظر اقتصادی دارای ارزش است و می‌تواند به‌عنوان منفعت و سود اضافی حاصل از فعالیت‌ها و عملیات احیاء اراضی تخریب‌شده مطرح گردد (عبدی، ۱۳۸۵). ورامش و همکاران (۱۳۹۰) تأثیر جنگل‌کاری با گونه‌های پهن‌برگ بر ترسیب کربن خاک در پارک جنگلی چیتگر را موردبررسی قرار دادند و به‌این‌نتیجه رسیدند که کل کربن ترسیب‌شده در واحد سطح توده‌های اقاقیا و زبان‌گنجشک بیشتر از مرتع شاهد (مرتع اطراف) بود، مقدار کربن آلی در دو توده مذکور درلایه اول خاک بیشتر از لایه دوم بود ولی در قطعه شاهد عکس این نتیجه مشاهده شد، نتایج تجزیه همبستگی نیز نشان داد که بین کربن آلی خاک با درصد سنگ و سنگریزه و شن رابطه مثبت معنی‌دار و با pH، درصد سیلت و رس رابطه منفی معنی‌دار وجود داشت. فرآیند ترسیب کربن، به بهبود کیفیت آب و خاک، افزایش حاصل‌خیزی، بهبود سیستم هیدرولوژی خاک و نیز جلوگیری از فرسایش و کاهش هدررفت عناصر غذایی می‌انجامد، بنابراین مدیریت بهینه اکوسیستم‌های مختلف باید در جهت افزایش پتانسیل ترسیب کربن باشد (ورامش و همکاران، ۱۳۸۹). Anderson (1995) ضمن بررسی و تجزیه مواد آلی خاک و میزان کربن

Archive of SID

www.SID.ir

خروجی از خاک بیان می‌کند فاکتورهایی که در افزایش نگه‌داری کربن در خاک تأثیر گذارند عبارتند از: افزایش مدت زمان سیکل کربن در مواد گیاهی و در میکروارگانیسم‌های خاک ازطریق کاهش شخم یا فعالیت‌های کشاورزی، بالابردن متوسط دوره رویش فصلی برای بالابردن تولیدات گیاهی و زیست‌توده ریشه‌ای ازطریق کاشت گیاهان علوفه‌ای دایمی در تناوب محصولات موجود، بالابردن استفاده از کودهای حاصل‌خیزکننده برای افزایش زیست‌توده تاج پوشش هوایی و ریشه، انتخاب گونه‌های مناسب برای تولید علوفه مناسب و نیز بالابردن تولید ریشه‌ای که بر روی نگه‌داری کربن تأثیرگذار است. براساس نتایج به‌دست‌آمده در هر سه طبقه ارتفاعی بیشترین میانگین ترسیب کربن خاک پای هر سه گونه گیاهی متعلق به گونه *Gundelia tournefortii* (کنگر) بعد گونه *Astragalus verus* (گون زرد) و کمترین متعلق به گونه *Stipa barbata* (استپی ریش‌دار) بود. افزایش ترسیب کربن خاک پای گونه گون زرد نسبت به استپی ریش‌دار را می‌توان به قابلیت بالای گیاهان خانواده لگومینوزه در تثبیت ازت، و رابطه مستقیم ترسیب کربن و تثبیت ازت دانست که گون زرد جزء خانواده لگومینوزه می‌باشد. بررسی‌ها نشان داد که گیاهان خانواده لگومینوزه قابلیت بالایی در تثبیت ازت دارند و ترسیب کربن رابطه مستقیم با تثبیت ازت دارد. هر چه نیروی تولید زیست‌توده هوایی و زیرزمینی در گونه‌ها، عرصه‌ها و رویشگاه‌های مختلف بیشتر باشد ذخیره کربن در پیکره درختان، لاشبرگ و خاک نیز بیشتر می‌شود (ورامش و همکاران، ۱۳۸۹). احمدی و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی تأثیر فاصله از گیاه در میزان ترسیب کربن خاک در گونه تاغ در جنوب دریاچه نمک دریافتند که بیشترین میزان کربن ترسیب‌شده در زیر پوشش و کمترین میزان آن در منطقه عاری از هر گونه لاشبرگ سطحی رخ داده است. Rice (2000) با بررسی تأثیر عمق خاک بر مقدار ترسیب کربن خاک در شمال کارولینا به‌این‌نتیجه رسید که بین مقدار ترسیب کربن خاک در نواحی خشک و نیمه‌خشک و عمق خاک رابطه غیرمستقیم وجود دارد. این نتیجه با یافته‌های Schuman *et al* (2002) و نتایج این تحقیق نیز مطابقت دارد و دلیل آن را می‌توان روند تدریجی تجزیه لاشبرگ و تبدیل آن به هوموس که از لایه‌های سطحی آغاز می‌شود دانست. همان‌طور که گفته شد براساس نتایج این تحقیق ترسیب کربن خاک با افزایش عمق خاک کاهش می‌یابد که با نتایج تحقیق Franzlubbers (2000) مطابقت دارد او نیز ضمن بررسی افزایش عمق و اثرات شیوه‌های مدیریتی طولانی مدت بر میزان ذخیره کربن آلی خاک نتیجه گرفت که میزان کربن آلی خاک با افزایش عمق کاهش می‌یابد. یک روش پیشنهاد شده برای کاهش گاز کربنیک هوا، افزایش ذخیره جهانی کربن در خاک‌ها می‌باشد چرا که خاک تقریباً ۷۵ درصد ذخایر کربن در خشکی را دارا می‌باشد (یعنی حدود سه برابر بیشتر از میزان ذخیره کربن در گیاهان و جانوران). بنابراین خاک‌ها در حفظ توازن چرخه جهانی کربن، نقش عمده‌ای را ایفا می‌کنند (طالقانی و همکارانش، ۱۳۸۶).

بحث و نتیجه‌گیری

بیشترین میانگین ترسیب کربن خاک پای گیاه، تراکم و پوشش در هکتار و زیست‌توده تولیدی گیاه در بالاترین طبقه ارتفاعی (۲۰۰۰- ۱۸۰۰) و کمترین میانگین ترسیب کربن خاک پای گیاه، تراکم و پوشش در هکتار و زیست‌توده تولیدی در

Archive of SID

www.SID.ir

پایین‌ترین طبقه ارتفاعی (۱۶۰۰- ۱۴۰۰) مشاهده شد بنابراین عامل ارتفاع تأثیر معنی‌دار و مثبت بر روی توان ترسیب کربن خاک پای گیاه، تراکم و پوشش در هکتار و زیست‌توده تولیدی گیاه دارد.

بیشترین میانگین ترسیب کربن خاک پای گیاه در گونه گیاهی *Gundelia tournefortii* (کنگر)، کمترین میانگین ترسیب کربن خاک در گونه *stipa barbata* (استپی ریش‌دار) و متوسط میانگین در گونه *Astragalus verus* (گون زرد) مشاهده شد، بنابراین فرم‌های رویشی بر روی توان ترسیب کربن تأثیر معنی‌دار دارند که ترسیب کربن خاک پای گونه کنگر (پهن‌برگ) بیشتر از گونه گون زرد (بوته‌ای) و گون زرد بیشتر از گونه استپی ریش‌دار (علفی یا گندمی) مشاهده شد.

براساس نتایج مشاهده شد که ترسیب کربن خاک پای هر سه گونه گیاهی با افزایش عمق خاک کاهش می‌یابد، پس افزایش عمق خاک تأثیر معنی‌دار منفی بر روی ترسیب کربن خاک دارد.

جدول ۱- میانگین تراکم و پوشش در هکتار گونه‌های موردبررسی در سه طبقه ارتفاعی

طبقات ارتفاعی	*Gundeliatournefortii*		*Astragalusverus*		*Stipabarbata*	
	میانگین تراکم (تعداد در هکتار)	میانگین پوشش (m^2/ ha)	میانگین تراکم (تعداد در هکتار)	میانگین پوشش (m^2/ ha)	میانگین تراکم (تعداد در هکتار)	میانگین پوشش (m^2/ ha)
۱۴۰۰ -۱۶۰۰	۲۰۰۰	۲۱۳/۶۷	۱۱۶۶/۶۷	۳۲۵/۳۳	۱۱۶۶/۶۷	۷۶/۶۷
۱۶۰۰ -۱۸۰۰	۳۰۰۰	۴۸۷/۳۳	۲۰۰۰	۴۸۵/۳۳	۲۰۰۰	۸۲/۶۷
۱۸۰۰ -۲۰۰۰	۵۰۰۰	۱۱۷۵	۴۰۰۰	۱۰۴۶/۳۳	۷۰۰۰	۶۱۱/۶۷

جدول ۲- میانگین زیست‌توده هوایی و زیرزمینی گونه‌های موردبررسی در سه طبقه ارتفاعی

طبقات ارتفاعی	*Gundelia tournefortii*		*Astragalus verus*		*Stipa barbata*	
	میانگین زیست‌توده هوایی (K/ha)	میانگین زیست‌توده ریشه (K/ha)	میانگین زیست‌توده هوایی (K/ha)	میانگین زیست‌توده ریشه (K/ha)	میانگین زیست‌توده هوایی (K/ha)	میانگین زیست‌توده ریشه (K/ha)
۱۴۰۰ -۱۶۰۰	۹۳/۳۳	۷۴/۳۳	۷۹	۵۳/۶۷	۲۸	۴۳/۳۳
۱۶۰۰ -۱۸۰۰	۱۲۰	۱۰۲/۳۳	۱۱۰/۳۳	۷۹/۳۳	۳۳/۶۷	۶۰
۱۸۰۰ -۲۰۰۰	۲۴۱/۶۷	۲۳۶/۶۷	۲۰۹/۳۳	۱۴۳/۳۳	۸۵/۶۷	۱۵۳/۳۳

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- میانگین ترسیب کربن اعماق مختلف خاک (T/ha) پای گونه‌های موردبررسی در سه طبقه ارتفاعی

طبقات ارتفاعی	*Gundelia tournefortii*			*Astragalus verus*			*Stipa barbata*		
	عمق cm ۰ -۳۰	عمق cm۳۰ -۵۰	عمق cm ۰ -۵۰	عمق cm ۰ -۳۰	عمق cm۳۰ -۵۰	عمق cm ۰ -۵۰	عمق cm ۰ -۳۰	عمق cm۳۰ -۵۰	عمق cm ۰ -۵۰
۱۴۰۰ -۱۶۰۰	۱۳۷/۳۰	۶۹/۳۷	۲۰۶/۶۷	۱۱۷/۹۶	۶۳/۵۳	۱۸۱/۵۰	۱۰۹/۹۷	۵۱/۵۰	۱۶۱/۴۷
۱۶۰۰ -۱۸۰۰	۱۵۷/۳۰	۸۷/۰۷	۲۴۴/۳۷	۱۳۷/۱۶	۸۰/۳۳	۲۱۷/۵۰	۱۲۶/۷۳	۶۸/۶۲	۱۹۵/۶۳
۱۸۰۰ -۲۰۰۰	۲۰۷/۱۳	۱۲۴/۳۳	۳۳۱/۴۷	۱۹۳/۹۰	۱۱۵ /۱۳	۳۰۹/۲۰	۱۷۴/۶۳	۱۰۳/۷۷	۲۷۸/۴۰

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های مورد بررسی در سه گونه گیاهی و در سه طبقه ارتفاعی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات شاخص‌ها (MS)			
		تراکم در هکتار	پوشش در هکتار	زیست توده ریشه	زیست توده هوایی
گونه × ارتفاع	۸	۱۱۵۲۰۰۰۰*	۴۶۲۸۵۷/۱۷*	۱۱۷۰۴/۰۹*	۱۵۶۲۶/۸۳*
۱۶۰۰- ۱۴۰۰ × گونه	۲	۶۹۴۴۴۴ /۴۵ns	۴۶۵۳۶/۷۸*	۷۴۷/۴۴*	۳۵۳۷/۴۴*
۱۸۰۰- ۱۶۰۰× گونه	۲	۱۰۰۰۰۰۰ns	۱۵۲۸۶۰/۷۸*	۱۳۴۷/۴۵*	۶۷۱۲/۳۳*
۲۰۰۰- ۱۸۰۰ × گون	۲	۷۰۰۰۰۰۰*	۲۶۱۴۱۷/۳۳ns	۷۸۷۷/۷۷ns	۲۰۳۳۷/۴۴*
Gundelia Tournefortii × ارتفاع	۲	۷۰۰۰۰۰۰*	۷۳۵۹۷۰/۳۴*	۲۲۵۹۰/۷۷*	۱۸۷۵۸/۳۳*
Astragalus verus × ارتفاع	۲	۶۳۶۱۱۱۱/۱۱*	۴۴۱۶۳۷/۰۲*	۶۳۹۷/۴۴*	۱۳۸۸۴/۷۷*
Stipa barbata× ارتفاع	۲	۲۹۸۶۰۰۰۰*	۲۸۳۰۵۱/۰۱*	۱۰۵۴۴/۴۴*	۳۰۳۰/۷۷*
خطا	۵۴	۹۰۷۴۰۷/۴۰	۳۳۱۰۶/۲۹	۸۸۴/۱۸	۱۰۰۶/۳۳
کل	۷۴				

** و *: تفاوت‌ها به ترتیب درسطح احتمال ۱ و ۵ درصد معنی‌دار هستند. ns: تفاوت‌ها معنی‌دار نیستند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس ترسیب کربن اعماق مختلف خاک (T/ha)

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات شاخص‌ها (MS)			
		عمق اول (۰ - ۳۰cm)	پوشش در هکتار	عمق دوم (۳۰ - ۵۰cm)	عمق کل (۰ - ۵۰cm)
گونه × ارتفاع	۸	۳۴۹۹/۲۶*	۴۶۲۸۵۷/۱۷*	۱۸۴۸/۲۷*	۱۰۳۹۴/۷۲*
۱۶۰۰- ۱۴۰۰ × گونه	۲	۵۹۲/۴۴*	۴۶۵۳۶/۷۸*	۲۴۹/۰۲*	۱۵۳۸/۸۷*
۱۸۰۰- ۱۶۰۰× گونه	۲	۷۲۴/۲۶*	۱۵۲۸۶۰/۷۸*	۲۶۱/۲۱*	۱۸۰۶/۸۲*
۲۰۰۰- ۱۸۰۰ × گون	۲	۸۰۱/۲۸*	۲۶۱۴۱۷/۳۳ns	۳۱۸/۴۲ns	۲۱۳۰/۲۶*
Gundelia Tournefortii × ارتفاع	۲	۳۸۸۰/۰۳*	۷۳۵۹۷۰/۳۴*	۲۳۶۱/۷۱*	۱۲۲۹۱/۳۷*
Astragalus verus × ارتفاع	۲	۴۶۷۶/۵۹*	۴۴۱۶۳۷/۰۲*	۲۰۷۷/۹۲*	۱۳۰۰۶/۰۹*
Stipa barbata× ارتفاع	۲	۳۳۷۸/۶۵*	۲۸۳۰۵۱/۰۱*	۲۱۲۹/۹۷*	۱۰۸۵۸*
خطا	۵۴	۹۶/۵۳	۳۳۱۰۶/۲۹	۵۹/۱۸۷۳	۲۷۱/۷۶
کل	۷۴				

** و *: تفاوت‌ها به‌ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد معنی‌دار هستند. ns: تفاوت‌ها معنی‌دار نیستند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٦- تجزیه همبستگی ترسیب کربن اعماق مختلف خاک پای سه گونه گیاهی با سه طبقه ارتفاعی

طبقات ارتفاعی	عمق (۳۰cm- ۰)	عمق (۵۰cm- ۳۰)	عمق (۵۰cm- ۰)
۱۴۰۰ - ۱۶۰۰	۰/۹۰۷**	۰/۹۱۶**	۰/۹۱۴**
۱۶۰۰ -۱۸۰۰	۰/۸۸۴**	۰/۹۰۸**	۰/۸۹۸**
۱۸۰۰ -۲۰۰۰	۰/۸۹۳**	۰/۸۰۲**	۰/۸۶۸**

** و * تفاوت‌ها به‌ترتیب در سطح ۱ درصد و ۵ درصد معنی‌دار هستند. ns: تفاوت‌ها معنی‌دار نیستند.

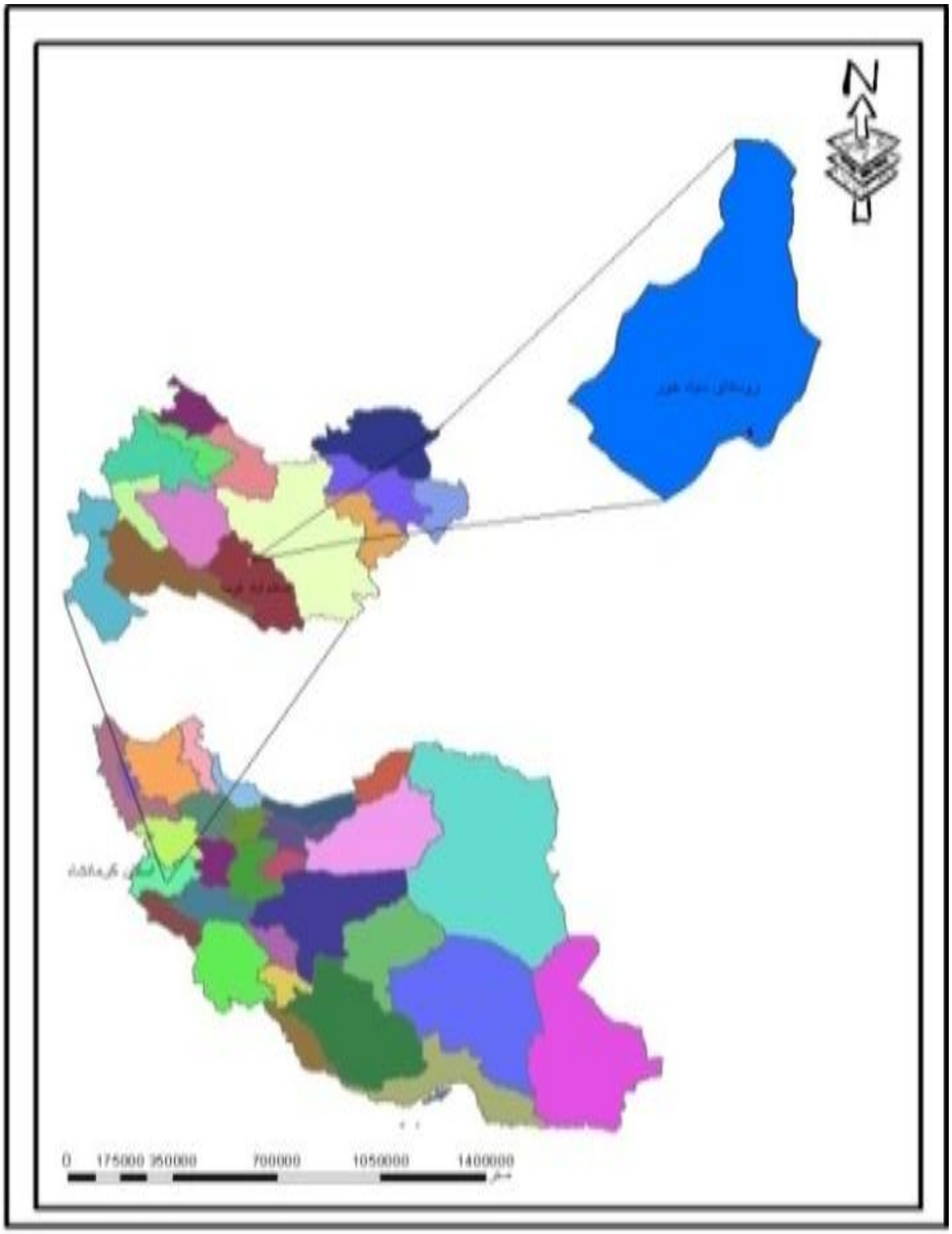
جدول ۷- تجزیه رگرسیون و ضریب تبیین (R^2) ترسیب کربن اعماق مختلف خاک پای سه گونه گیاهی با سه طبقه ارتفاعی

	ترسیب کربن عمق (۳۰cm- ۰)		ترسیب کربن عمق (۵۰cm-۳۰)		ترسیب کربن عمق (۵۰cm- ۰)	
طبقات ارتفاعی	معادله رگرسیونی	R^2	معادله رگرسیونی	R^2	معادله رگرسیونی	R^2
۱۴۰۰ -۱۶۰۰	Y =۰/۱۵X +۹۰/۶۴	۰/۸۲	Y =۰/۱۲X +۱۱۲/۷۳	۰/۸۴	Y =۰/۲۷X + ۲۰۳/۳۸	۰/۸۳
۱۶۰۰ -۱۸۰۰	Y =۰/۱۶X +۱۲۴/۷۵	۰/۷۸	Y =۰/۱۱X +۱۰۳/۶۱	۰/۸۲	Y = ۰/۲۷X +۲۲۸/۸۸	۰/۸۰
۱۸۰۰ -۲۰۰۰	Y =۰/۱۴X + ۱۰۱/۱۷	۰/۸۰	Y =۰/۰۹X + ۹۱/۳۳	۰/۶۴	Y =۰/۲۳X + ۱۹۲/۵۰	۰/۷۵

X = سه طبقه ارتفاعی (۱۶۰۰- ۱۴۰۰، ۱۸۰۰- ۱۶۰۰، ۲۰۰۰- ۱۸۰۰) Y= ترسیب کربن

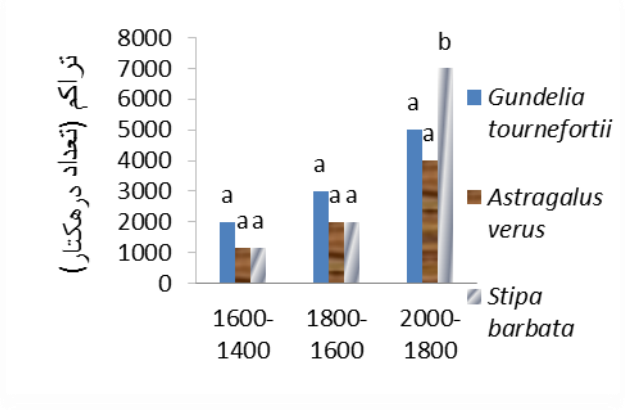
Archive of SID

www.SID.ir



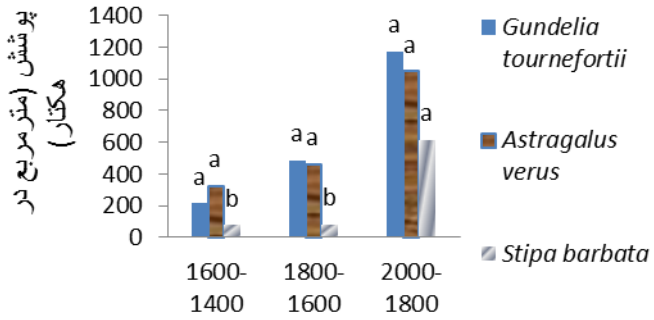
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در نقشه. ایران - کرمانشاه

www.SID.ir



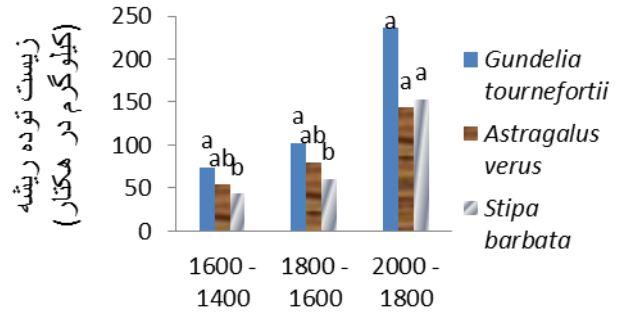
شکل ۲- مقایسه میانگین تراکم در هکتار هر سه گونه گیاهی در هر سه طبقه ارتفاعی

حروف غیرمشترک نشان‌دهنده اختلاف آماری در سطح ۵ درصد است.



شکل ۳- مقایسه میانگین پوشش در هکتار هر سه گونه گیاهی در هر سه طبقه ارتفاعی

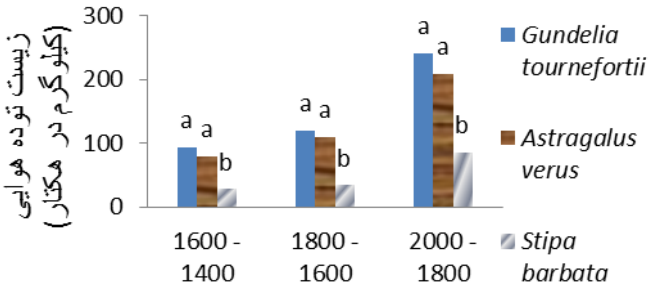
حروف غیرمشترک نشان‌دهنده اختلاف آماری در سطح ۵ درصد است.



شکل ٤- مقایسه میانگین زیست توده ریشه هر سه گونه گیاهی در هرسه طبقه ارتفاعی

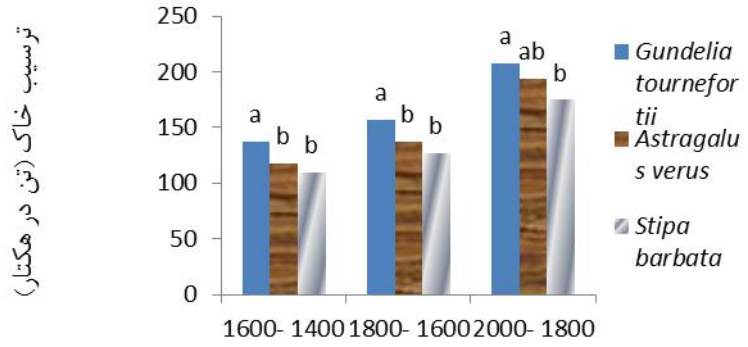
حروف غیرمشترک نشان‌دهنده اختلاف آماری در سطح ۵ درصد است.

www.SID.ir



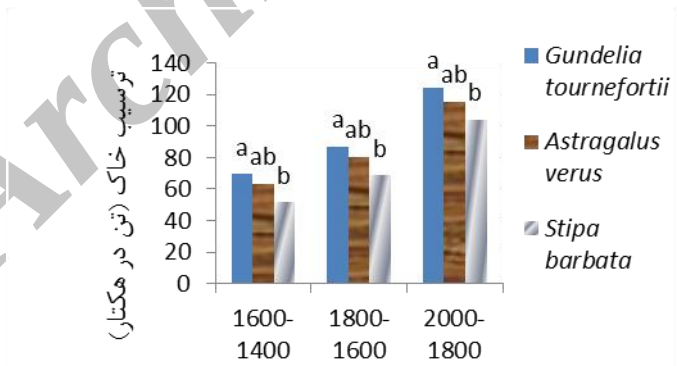
شکل ۵- مقایسه میانگین زیست توده هوایی هر سه گونه گیاهی در هرسه طبقه ارتفاعی

حروف غیرمشترک نشان‌دهنده اختلاف آماری در سطح ۵ درصد است.



شکل ٦- مقایسه میانگین ترسیب کربن خاک عمق (۳۰cm- ۰) پای هر سه گونه گیاهی در هر سه طبقه ارتفاعی

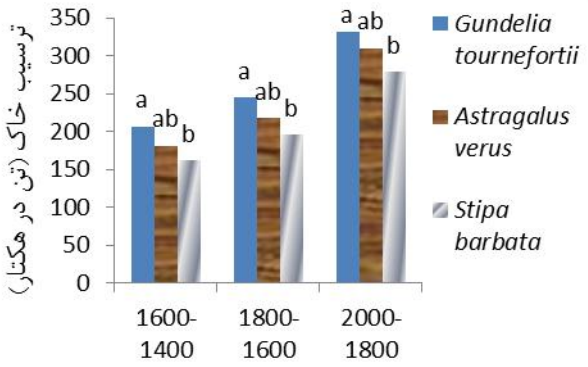
حروف غیرمشترک نشان دهنده اختلاف آماری در سطح ۵ درصد است.



شکل ۷- مقایسه میانگین ترسیب کربن خاک عمق (۵۰cm- ۳۰) پای هر سه گونه گیاهی در هر سه طبقه ارتفاعی

حروف غیرمشترک نشان‌دهنده اختلاف آماری در سطح ۵ درصد است.

Archive
www.SID.ir



شکل ۸- مقایسه میانگین ترسیب کربن خاک عمق (۵۰cm- ۰) پای هر سه گونه گیاهی در هر سه طبقه ارتفاعی
حروف غیرمشترک نشان‌دهنده اختلاف آماری در سطح ۵ درصد است.

منابع

احمدی،ح.، غ. م.حشمتی، م.پسرکلی، و ح.ر.ناصری. ۱۳۸۸. مقایسه میزان ترسیب کربن در اندام‌های گونه تاغ (مطالعه موردی جنوب دریاچه نمک)، چکیده مجموعه مقالات چهارمین همایش ملی مرتع و مرتع‌داری ایران، آبان ۷- ۵، صفحه ۲۶۴. تهران.

ارزانی،ح. ۱۳۷۶. دستورالعمل طرح ارزیابی مراتع در مناطق مختلف آب و هوایی، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع.

امیراصلانی،ف. ۱۳۸۲. ترسیب کربن در اراضی بیابانی، مجله جنگل و مرتع، ۶۲: ۷۶- ۷۱.

جنیدی جعفری،ح. ۱۳۸۸. بررسی تأثیر برخی عوامل بوم‌شناختی و مدیریتی بر میزان ترسیب کربن در رویشگاه‌های گونه درمنه دشتی (مطالعه موردی: مراتع استان سمنان) رساله دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

عبدی،ن. ۱۳۸۵. معرفی ترسیب کربن به‌عنوان شاخصی جهت سنجش توسعه پایدار منابع طبیعی، چکیده مقالات سومین همایش راهکارهای تحقق توسعه پایدار در کشاورزی و منابع طبیعی، اراک ۵ دی ماه، ۶۲- ۵۷.

عبدی،ن.، ح.مداح عارفی، و ق.زاهدی امیری. ۱۳۸۷. برآورد ظرفیت ترسیب کربن در گون‌زارهای استان مرکزی (مطالعه موردی: منطقه مالمیر شهرستان شازند)، فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۵ (۲): ۲۸۲ – ۲۶۹.

عبدی،ن. ۱۳۹۰. بررسی عوامل مؤثر برترسیب کربن آلی خاک در منطقه حفاظت‌شده هفتاد قله اراک، دومین همایش ملی مقابله با بیابان‌زایی وتوسعه پایدار تالاب‌های کویری ایران.

علیزاده،ا. ۱۳۷۴. اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات استان قدس رضوی.

Archive of SID
www.SID.ir

محمودی طالقانی،ع.، ق.زاهدی امیری، ا.عادلی، و خ.ثاقب طالبی. ۱۳۸۶. برآورد میزان ترسیب کربن خاک در جنگل‌های تحت مدیریت (مطالعه موردی جنگل گلبند در شمال کشور)، فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۵ (۳): ۲۵۲-۲۴۱.

مصداقی،م. ۱۳۸۲. مرتع‌داری در ایران، انتشارات آستان قدس رضوی، چاپ چهارم، ۳۳۳ صفحه.

مصداقی،م. ۱۳۸۴. بوم‌شناسی گیاهی، جهاد دانشگاهی مشهد، ۱۸۷ صفحه.

مقدم،م.ر. ۱۳۷۹. مرتع و مرتع‌داری، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۷۰ صفحه.

ورامش،س.، س.م.حسینی، و ن.عبدی. ۱۳۸۸. مقایسه میزان ترسیب کربن گونه‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ در جنگل شهری (مطالعه موردی: پارک چیتگر تهران)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۲ صفحه.

ورامش،س.، س.م.حسینی، ن.عبدی، و م.اکبری‌نیا. ۱۳۸۹. اثرهای جنگل‌کاری در افزایش ترسیب کربن و بهبود برخی ویژگی‌های خاک، مجله جنگل ایران، انجمن جنگل‌بانی ایران، ۲۵ – ۳۵ : ۱.

ورامش،س.، س.م.حسینی، و ن.عبدی. ۱۳۹۰. برآورد نیروی جنگل شهری در ترسیب کربن اتمسفری, مجله محیط‌شناسی. ۱۱۳- ۱۲۰: ۵۷.

Anderson,D.W. 1995. Decomposition of organic matter and carbon emissions from soils. Soil Science of America Journal.51: 176- 182.

Brooks,R. 1998. Carbon Sequestration what's that? Forest Management 32: 2- 4.

Birdsey,R., I.S.Heath, and D.Williams. 2000. Estimation of carbon budget model of the United States forest sector. Advances in Terrestrial Ecosystem Carbon Inventory, Measurements, and Monitoring Conference in Raleigh, North Carolina,October 3-5.

De Neergaard,A., J.R.Porter, and A.Gorissen. 2002. Distribution of assimilated carbon in plants and rhizosphere soil of basket willow (Salix viminalis L.), Plant Soil. 245: 307-314.

Dinakaran,J., and N.S.R.Krishnayya. 2008. Variations in type of vegetal cover and heterogeneity of soil organic carbon in affecting sink capacity of tropical soils. 94: 1144- 1150.

Dong,N., W.Silong, and O.Zhiyun. 2009. Comparisons of carbon storages in Cunninghamia lanceolata and Michelia macclurei plantations during a 22-year period in southern China. Journal of Environmental Sciences. 21: 801-805.

Franzlubbers,J. 2000. Carbon sequestration in pasture . Advances in Terrestrial Ecosystem carbon inventory , Measurements , and Monitoring conference in Raleigh,NorthCarolhna, October 3-5.

Archive of SID

www.SID.ir

Houghton,G.T., B.A.Callander, and S.K.Varney. (Eds). 1992. Climate change Supplementry report to the IPCC Scientific assessment. cambridge university press.cambridge.Pp 233.

Hu,Y.L., D.H.Zeng, Z.P.Fan, G.S.Chen, Q.Zhao, and D.Pepper. 2008. Changes in ecosystem carbon stocks following grassland afforestation of semiarid sandy soil in the southeastern Keerqin Sandy Lands, China. Journal of Arid Environments. (72) 2193–2200.

Kimble,J.M., L.S.Heath, R.A. Birdsey, and R.Lal. 2003. The Potential of U.S.Forest Soils to Sequester Carbon and Mitigate the Greenhouse Effect. CRC Press, New York.

Lal,R. 2001. The potential of soil carbon sequestration in forest ecosystems to mitigate the greenhouse effect. Soil Science Society of America Special Publication 57. Soil Science Society of America, Madison, WI.

Lal,R. 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change, Geoderma. Vol 123:1-22.

Lemma,B. 2006. Soil Carbon Sequestration Uunder Different Exotic Tree Specis in the South Western Highlands of Ethiopia. Geoderma. 13pp.

Paul,K.I., P.J.Polglase, and P.K.Khanna. 2002. Change in soil carbon following afforestation. Forest Ecology and Management. 168 (1-3): 241- 257.

Rice,C.W. 2000. Soil Organic C and N in Rangeland Soils under Elevation CO2 and Land management. Advances in Terrestrial Ecosystem Carbon Inventory, Measurements and Monitoring Conference in Raleigh, North Carolina, October 3-5,2000,15-24.

Singh,G., N.Bala, K.K.Chaudhuri, and R.L.Meena. 2003. Carbon sequestration potential of common access resources in arid and semi-arid regions of northwestern India. Indian Forester, 129: 7, 859-864.

Woomer,D.L., and A.Tourc. 2004. Carbon Stocks in Senegals Sahel transition zone. Jour nal of Arid Environments. 134- 147.

Archive of SID

www.SID.ir