Archive of SID

پژوهش‌های آبخیزداری شماره ۸۳، تابستان ۱۳۸۸
(پژوهش و سازندگی)

بررسی مقدار ترسیب کربن در گون‌زارهای منطقه گلستان کوه خوانسار

•**نورالله عبدی**، عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی اراک (نویسنده مسئول)
•**حسن مداح عارفی**، عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع
• **قوام الدین زاهدی امیری**، عضو هیأت علمی دانشگاه تهران
• **حسین ارزانی**، عضو هیأت علمی دانشگاه تهران
تاریخ دریافت: مردادماه ۱۳۸۶ تاریخ پذیرش: مهرماه ۱۳۸۷
تفلن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۸۸۶۳۲۹۶۴
Email:n-abdi@iau-arak.ac.ir

چکیده

دی‌اکسیدکربن یکی از مهم‌ترین گازهای گل خانه‌ای است که در دهه‌های اخیر افزایش مقدار آن در اتمسفر سبب گرم شدن هوای کره زمین شده است. گرم شدن هوا اثرات مخربی بر محیط و اکوسیستم‌های طبیعی دارد. اکوسیستم‌های مرتعی ایران و سراسر جهان می‌توانند از طریق ذخیره کربن در بیوماس و مواد آلی خاک، به تعدیل افزایش دی‌اکسید کربن در اتمسفر کمک کنند. گون‌زارهای ایران با وسعت ۱۷ میلیون هکتار، معادل ۱۰ درصد کل اراضی کشور را دربرگرفته‌اند و سهم بالایی در ترسیب کربن دارند. به‌منظور بررسی نقش و پتانسیل گون‌زارها در ترسیب کربن، یک منطقه ی معرف از تیپ گیاهی - *Agropyron tauri* - *Astragalus brachycalex* در مرتع گلستان کوه خوانسار انتخاب شد و مقادیر کربن در بیوماس هوایی و زیرزمینی، لاشبرگ و خاک در آن محاسبه گردید. نتایج نشان داد که کل کربن ترسیب شده در واحد سطح، ۹۴/۹۰ تن در هکتار بود و ۹۴/۶۶ درصد از کل ترسیب کربن را کربن آلی خاک تشکیل می‌داد. نتایج توزیع کربن بیوماس کل نشان داد که ذخیره کربن در بیوماس اندام‌های هوایی، بیش از ریشه‌ها بود. نتایج تجزیه همبستگی و رگرسیون گام به گام نشان داد که ترسیب کربن با ارتفاع و حجم بوته‌های گون، بیوماس هوایی، بیوماس زیرزمینی، بیوماس کل، مقدار لاشبرگ و کربن آلی خاک رابطه ی مثبت و معنی‌داری دارد. به‌طورکلی می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که گون‌زارهای قابلیت بالایی در ترسیب کربن دارند و خاک مهم‌ترین مخزن کربن آلی در گون‌زارها است.

کلمات کلیدی: ترسیب کربن، کربن آلی خاک، بیوماس، لاشبرگ، مراتع گون‌زار، گلستان کوه خوانسار.

www.SID.ir

Archive of SID

Watershed Management Researches (Pajouhesh & Sazandegi) No 83 pp: 58-68

Investigation of carbon sequestration content in astragalus rangelands in Gholestankoh of Khansar

By:N.Abdi, Scientific Board Member of Islamic Azad University - Arak Unit(Corresponding Author.Tel:+989188632964) and H.Maddah Arefi, Scientific Board Member of Research Institute of Forests and Rangelands.Gh. Zahedi Amiri & H. Arzani, Scientific Board Members of Tehran University.Agricultural and Natural Resources Research Center of Hormozgan.

In last decades, CO2 has become one of the most important glasshouse gases in which increased its concentrations in atmosphere and followed by global warming. The global warming may have negative impacts on the environment and natural ecosystems. Leniency of decreasing atmospheric carbon dioxide concentrations could be possible via carbon sequestration in biomass and soil organic matter of rangelands ecosystems in Iran and all around the world. Astragalus rangelands covering about 17 million hectare (10%) of Iran territory so could play much important role in carbon sequestration. In order to investigate the role and potential of Astragalus rangelands in carbon sequestration, a study was carried out in a key rangeland area covered by *Astragalus brachycalex*- Agropyron sp. in Gholestankoh of Khansar. The content of carbon in aboveground and underground biomass, litter carbon and soil organic carbon were determined. The results showed that the total carbon sequestration was 94.90 ton/hectare and 94.66 % of total carbon sequestration was soil organic carbon. The results of biomass carbon distribution showed that the carbon content in aerial biomass was higher than underground biomass. Correlation and stepwise regression analyses revealed that the content of carbon sequestration was positively related to Astragalus height and volume, aerial and underground biomass, total biomass, litter amount and soil organic carbon (SOC) content. It was concluded that the Astragalus rangelands have a tremendous potential to sequester carbon and the soil is the most important sink for organic carbon storage in Gholestankoh of Khansar rangeland.

Keywords: Carbon sequestration, Soil organic carbon, Biomass, litter, Astragalus rangelands, Gholestankoh of Khansar.

مقدمه

تغییرات اقلیمی و افزایش گرمای جهانی از مهم‌ترین چالش‌های توسعه پایدار می‌باشند. در سال (۱۹۹۲) تقریباً تمام کشورهای دنیا چارچوب قرارداد تغییرات آب و هوا را امضا نمودند. اهداف بلندمدت این قرارداد عبارت بود از ثابت نگه داشتن غلظت گازهای گل خانه‌ای در سطحی که برای سلامت انسان مضر نباشد و موجب تغییرات آب و هوا نگردد. اقدام عملی برای دستیابی به این اهداف، اکثریت کشورها را بر آن داشت تا پروتکل کیوتو را در دسامبر (۱۹۹۷) بپذیرند (۲۳).

دی‌اکسیدکربن یکی از مهم‌ترین گازهای گل خانه‌ای است که در دهه‌های اخیر افزایش مقدار آن در اتمسفر سبب گرم شدن هوای کره زمین شده است. گرم شدن هوا اثرات مخربی بر حیات روی کره زمین دارد و سبب تخریب اکوسیستم‌های طبیعی، وقوع سیل و خشک سالی و برهم‌خوردن تعادل اقلیمی و اکولوژیکی می‌شود. ترسیب کربن فرآیندی است که طی آن دی‌اکسیدکربن از اتمسفر گرفته شده و در بافت‌های گیاهی به صورت ئیدرات های کربن تجمع و رسوب می‌نماید (۴).

اکوسیستم‌های مرتعی پتانسیل بالایی در ترسیب کربن دارند، چرا که نیمی از خشکی‌های کره زمین را دربر دارند و ذخیره کربن آنها ۱۰ درصد کل ذخایر کربن بیوماس اکوسیستم‌های خاکی و ۳۰ درصد کل کربن آلی خاک را تشکیل می‌دهد و در مقیاس جهانی مراتع سالانه حدود ۵۰۰ میلیارد تن کربن ترسیب می‌کنند (۱۰). محققین زیادی ازجمله Luciuk و همکاران (۱۳)، Schuman و همکاران (۱۷) و Derner و Schuman (۱۰)، بر اهمیت اکوسیستم‌های مرتعی از دیدگاه ترسیب کربن تأکید کرده‌اند.

Snorrason و همکاران (۲۰)، گزارش کردند مقدار ترسیب کربن در یک دوره ۳۲ ساله برای یک مرتع چرا شده ۱۵۷ تن در هکتار بود و قسمت اعظم ترسیب کربن در خاک اتفاق افتاد. احیا چمن‌زارهای تخریب شده و تجدید پوشش گیاهی آنها با گونه‌های علوفه‌ای و پوششی چندساله می‌تواند ضمن جلوگیری از فرسایش خاک و هدررفت کربن، تخریب‌های صورت گرفته را در بلندمدت جبران نماید (۱۳، ۱۹).

نتایج مطالعات Su-Yong و Zhao (۲۲) در مورد اثرات چرای دام و قرق بر ترسیب کربن در استپ‌های شنی چین نشان داد که چرای مداوم در گراسلندهای شنی برای پوشش گیاهی و خاک بسیار مضر است و تحت سیستم‌های قرق مرتع, ترسیب کربن کل در بیوماس، لاشبرگ و خاک به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد. مدیریت چرای دام، استفاده از آتش، انتخاب گونه‌ها و استفاده از نهاده‌هایی مثل کودهای شیمیایی و پخش آب از عوامل مؤثر بر مقدار کربن آلی خاک در علف زارها می‌باشند (۸). در چراگاه‌هایی که تحت چرای مفرط و شدید قرار دارند، می‌توان با کاهش تعداد دام، اعمال سیستم‌های چرای تناوبی و کودپاشی، میزان ترسیب کربن خاک را افزایش داد (۸،۱۰،۱۵). درصورتی‌که مراتع و چراگاه‌ها تحت تأثیر چرای مفرط دام قرار نگیرد و تعداد واحد دامی در حد ظرفیت نگهداری باشد، مقدار مواد آلی خاک تغییر چندانی نمی‌کند؛ اما در اراضی تحت چرای مفرط، علاوه بر تخریب شدید پوشش گیاهی و کاهش شدید

www.SID.ir

Archive of SID

تولید اولیه خالص گیاهان، فرسایش تشدید شونده خاک و کاهش ذخایر کربن خاک نیز به‌وقوع خواهد پیوست (۸).

افزایش ترسیب کربن معادل افزایش بیوماس گیاهی، افزایش تولید، بهبود حاصل خیزی اراضی، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، حفاظت آب و خاک و جلوگیری از فرسایش آبی و بادی در اراضی است. به‌همین سبب ترسیب کربن علاوه بر دارا بودن ارزش‌های حفاظتی و پایه‌ای، به‌دلیل افزایش تولید بیوماس، از نظر اقتصادی دارای ارزش است و می‌تواند به‌عنوان منفعت و سود اضافی حاصل از فعالیت‌ها و عملیات احیا اراضی تخریب شده مطرح گردد (۵). فعالیت‌های احیایی ترسیب کربن نباید بر روی تنوع زیستی اثرات منفی داشته باشند (۷).

میزان ترسیب کربن در مناطق مختلف بسته به نوع گونه‌های گیاهی، روش احیا و شرایط محیطی، به‌ویژه مقدار بارندگی متفاوت است. میزان ترسیب 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 (۱۰، ۱۶). نتایج مطالعات Singh و همکاران (۱۸) در هند نشان داد که کربن آلی خاک با پوشش گیاهی همبستگی مثبت داشت.

بیوماس، اساس برآورد ارزش اقتصادی کربن است. اندازه‌گیری و برآورد بیوماس در دو بخش بیوماس هوایی و زیرزمینی صورت می‌گیرد. بیوماس ریشه‌ها، یک منبع مهم کربن تلقی می‌شود، زیرا ۴۰-۱۰ درصد کل بیوماس را تشکیل می‌دهد، اما برآورد آن پرهزینه است (۱۴). امانی و مداح عارفی (۱)، مقدار کربن ترسیب شده در بیوماس هوایی ۱/۵ میلیون هکتار از تاغزارهای دست کاشت اراضی بیابانی کشور را معادل ۷/۵ میلیون تن برآورد کردند و معتقدند چنانچه مقدار کربن ترسیب شده در اندام‌های زیرزمینی و خاک این تاغزارها، معادل اندام‌های هوایی برآورد شود، مجموع مقدار کربن ترسیب شده در اندام‌های هوایی و زیرزمینی تاغزارهای دست کاشت کشور، معادل ۱۵ میلیون تن خواهد بود.

مراتع ایران با وسعت ۹۰ میلیون هکتار، وسیع‌ترین عرصه حیاتی کشور (حدود ۵۴٪) را شامل می‌شوند. UNDP (۲۳)، عنوان نمود که قابلیت ترسیب کربن در مراتع ایران، به شرطی که این مراتع مورد احیاء قرار گرفته و به‌طور شایسته‌ای مدیریت شوند, معادل یک میلیارد تن کربن می‌باشد.

گون‌زارهای بالشتکی که پیکره ریختار پوششی ایران را تشکیل می‌دهند، حدود ۱۷ میلیون هکتار وسعت دارند و ۱۹٪ از سطح مراتع و ۱۰٪ از مساحت کل کشور را دربر دارند. ایران خاستگاه اصلی گون می‌باشد و تیپ‌های اصلی گون‌زارهای ایران را گون‌های چوبی بالشتکی و خارپشتی که به فرم بوته‌ای و درختچه‌ای می‌رویند تشکیل می‌دهند که غالباً به زیرجنس Tragacantha تعلق دارند. این گون‌ها علاوه بر فواید شناخته شده‌ای مانند پوشش بسیار خوب جهت حفاظت خاک، تولید کتیرا، زنبورداری، تلطیف هوا، تنوع زیستی، ذخایر توارثی و مقاومت بسیار زیاد به تنش‌های محیطی نظیر خشکی و سرما، از جنبه‌های زیست‌محیطی نظیر ترسیب کربن حائز اهمیت فراوان می‌باشند (۶،۴).

این تحقیق با فرض اینکه گون‌زارهای ایران با توجه به وسعت زیاد و پوشش مناسب از نظر میزان ترسیب کربن و کمک به حل معضل جهانی افزایش گازهای گل خانه‌ای و پدیده گرم شدن هوا، سهم قابل توجهی دارند انجام گردید.

اهداف این تحقیق عبارت بودند از بررسی جنبه‌های مختلف ترسیب کربن در گون‌زارها شامل:

-برآورد میزان کربن ترسیب شده در واحد سطح گون‌زار و تعیین سهم بیوماس هوایی و زیرزمینی، لاشبرگ و خاک از کل کربن ترسیب شده در واحد سطح

-بررسی ارتباط میزان ترسیب کربن با عوامل محیطی شامل خاک و توپوگرافی

-بررسی رابطه سطح، ارتفاع و حجم تاج پوشش با میزان ترسیب کربن در بیوماس، لاشبرگ و خاک

-بررسی برخی جنبه‌های اقتصادی و زیست محیطی ترسیب کربن در گون‌زارها.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در محدوده جغرافیایی ´۴۷ ´۰۸ °۳۳ تا ´۳۱ ´۰۹ °۳۳ عرض شمالی و ´۲۱ ´۲۳ °۵۰ تا ´۲۰ ´۲۴ °۵۰ طول شرقی، در ۱۱ کیلومتری جنوب شرق خوانسار در استان اصفهان واقع شده است (شکل ۱). براساس تقسیم‌بندی هانری پابو، اقلیم حیاتی منطقه نیمه استپی سرد است. میانگین بلندمدت بارندگی آن حدود ۴۰۰ میلی‌متر و دامنه ارتفاعی آن ۲۸۵۰-۲۴۰۰ متر از سطح دریا می‌باشد. تشکیلات زمین شناسی آن عمدتاً از سنگ های آهکی و شیست‌های ژوراسیک و کرتاسه است. واحد ارضی منطقه مورد مطالعه دره آبرفتی می‌باشد که در دو طرف دره به دامنه‌های پرشیب کوه و بیرون‌زدگی‌های سنگی منتهی می‌گردد (عکس ۱). کاربری اراضی منطقه به صورت مرتعی می‌باشد که علاوه بر چرای دام (گوسفند و بز)، موارد استفاده متعددی چون پرورش زنبورعسل، برداشت گیاهان دارویی و استفاده تفرج گاهی دارد (۴).

منطقه مورد مطالعه یک منطقه معرف از تیپ گیاهی *Astragalus brachycalex*- Agropyron tauri به مساحت حدود ۱۵۰ هکتار بود (عکس های ۲ و ۳). گونه‌های همراه در این تیپ گیاهی عبارت بودند از:

Acantholimon sp., Agropyron tauri, Allium hirtifolium, Astragalus eriosphaerus, Bromus tectorum, Bromus tomentellus, Noaea mucronata, Centaurea virgata, Cousinia sp., Echinops sp., Eryngium billardieri, Euphorbia sp., Ferula ovina, Gundelia tournefortii, Phlomis olivieri, Poa bulbosa, Prangous ferulacea, Scariola orientalis, Stipa barbata.

روش تحقیق

الف- جمع‌آوری اطلاعات، اسناد، مدارک و نقشه‌های موجود درباره منطقه مورد مطالعه

ب- روش نمونه‌برداری میدانی: ابتدا با استفاده از روش سطح حداقل، مساحت قطعات نمونه ۴ متر مربع به‌دست آمد؛ سپس با استفاده از شاخص تشابه Sorensen (۲۱) فاصله بین شبکه‌های نمونه‌برداری براساس ضریب تشابه ۷۵٪ بین پلات‌های مجاور محاسبه گردید (این

www.SID.ir

Archive of SID

شکل۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه گلستان کوه خوانسار بر روی نقشه استان اصفهان

عکس ۱- نمایی از منطقه گلستان کوه خوانسار

فاصله ۱۵۰ متر به‌دست آمد). در محل برخورد شبکه‌ها نسبت به استقرار پلات‌ها اقدام گردید (تعداد پلات‌ها ۶۵ عدد بود). در هر پلات فهرست گونه‌های گیاهی ثبت گردید. جهت برآورد بیوماس هوایی گون و سایر گونه‌های همراه از روش قطع و توزین استفاده شد و نمونه‌هایی جهت تعیین درصد رطوبت و درصد کربن به آزمایشگاه منتقل گردیدند. اندازه‌گیری سطح تاج پوشش و ارتفاع متوسط گون و گونه‌های خشبی انجام شد. جهت برآورد بیوماس زیرزمینی گون و سایر گونه‌های خشبی از روش مستقیم تعیین نسبت بین ریشه و ساقه استفاده گردید؛ بدین منظور ۳۰ پایه از گون با تنوعی از پایه‌های جوان و مسن انتخاب و با حفر پروفیل خاک تا عمق نفوذ ریشه‌ها (این عمق بین ۲-۴/. متر متغیر بود)، بیوماس کل ریشه‌ها برداشت و توزین شد (عکس ۴) و نمونه‌هایی به وزن ۱۰۰ گرم جهت تعیین درصد رطوبت و درصد کربن به آزمایشگاه منتقل گردیدند. با توجه به سهم اندک بیوماس هوایی سایر گونه‌ها (۵/۲۳ درصد بیوماس هوایی کل) در مقایسه با بیوماس هوایی گون‌ها (جدول ۱)، جهت

www.SID.ir

Archive of SID

محاسبه بیوماس زیرزمینی سایر گونه‌های خشبی، نمونه‌برداری از ۱۰ پایه گیاه به روش ذکر شده برای گون‌ها انجام گردید و برای گونه‌های علفی از روش غیرمستقیم برآورد نسبت ریشه به ساقه استفاده شد و براساس دستورالعمل MacDicken (۱۴) این نسبت ۱۶ درصد در نظر گرفته شد. در هر پلات، تمام لاشبرگ‌های روی سطح خاک برداشت و توزین گردید و نمونه‌ای از آن به وزن ۲۰ گرم جهت تعیین درصد رطوبت و درصد کربن برداشت گردید (۱۴). در تمام پلات‌ها، نمونه‌برداری خاک براساس دستورالعمل MacDicken (۱۴) از عمق ۰ تا ۲۰ سانتی‌متر با استفاده از دستگاه آگر انجام شد و نمونه‌ای به وزن ۱ کیلوگرم برداشت گردید. در تمام پلات‌ها اطلاعات ارتفاع از سطح دریا، مقدار و جهت شیب و مختصات جغرافیایی یادداشت شد.

ج- روش تحقیق آزمایشگاهی

درصد کربن آلی نمونه‌های بیوماس گیاهی و لاشبرگ به روش احتراق در کوره الکتریکی تعیین شد و خصوصیات خاک شامل: درصد سنگ و سنگریزه، تعیین بافت به روش هیدرومتری بایکاس، وزن مخصوص ظاهری خاک از روش کلوخه، درصد رطوبت اشباع خاک، اندازه‌گیری pH گل اشباع به روش پتانسیومتری، تعیین هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع و اندازه‌گیری کربن آلی خاک به روش والکی و بلاک مشخص گردیدند (۱۴،۲).

د- روش‌های تجزیه آماری اطلاعات

میانگین، حداقل، حداکثر و اشتباه استاندارد صفات اندازه‌گیری شده در پلات‌ها، ضرایب همبستگی پیرسون بین صفات مختلف به‌منظور تعیین روابط بین عوامل پوشش گیاهی، خاک، توپوگرافی و ترسیب کربن و تجزیه رگرسیونی گام به گام جهت تعیین اهمیت نسبی هریک از عوامل مؤثر بر ترسیب کربن انجام شد.

نتایج

خلاصه آماره‌ها شامل میانگین، حداقل، حداکثر و اشتباه استاندارد روی میانگین کل پلات‌های منطقه گلستان کوه خوانسار در جدول ۱ آمده است. کل کربن ترسیب شده در واحد سطح منطقه مورد مطالعه ۹۴۸۹/۹۰ گرم بر متر مربع بود که معادل ۹۴/۹۰ تن در هکتار می‌باشد. از کل کربن ترسیب شده در هر هکتار از گون‌زارهای مورد مطالعه، ۸۹/۷۳ تن (۹۴/۶۶٪) سهم کربن آلی خاک، ۴/۶۸ تن (۴/۸۳٪) سهم کربن بیوماس و ۴۸۶/۷ کیلوگرم (۰/۵۱٪) سهم کربن لاشبرگ بود. بنابراین خاک بیشترین و لاشبرگ کمترین سهم را از ترسیب کربن کل دارا بودند (جدول ۱ و شکل ۲).

با توجه به اینکه منشأ کربن ترسیب شده در خاک و لاشبرگ بیوماس است، در شکل ۳ به تفکیک اجزا کربن بیوماس پرداخته شده است. نتایج نشان داد که از کل کربن ترسیب شده در بیوماس، به ترتیب ۶۵/۲۵٪ و ۲۶/۸۳٪ مربوط به بیوماس هوایی و زیرزمینی گون‌ها بود و در مجموع گون‌ها ۹۲/۰۸٪ کل کربن بیوماس را دارا بودند و سهم بیوماس هوایی و زیرزمینی سایر گونه‌ها ۷/۹۲٪ بود.

همبستگی بین صفات مختلف مورد مطالعه

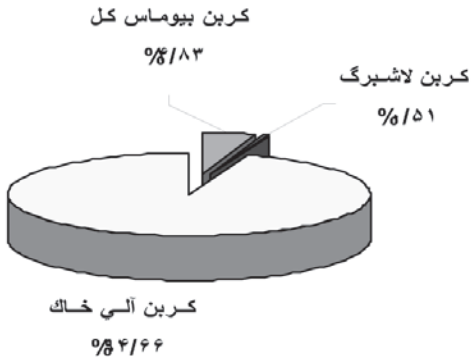
تضرایب همبستگی بین صفات مختلف مورد مطالعه محاسبه و نتایج

عکس ۲- نمایی از اجتماع گونه Astragalus brachycalex در منطقه گلستان کوه خوانسار

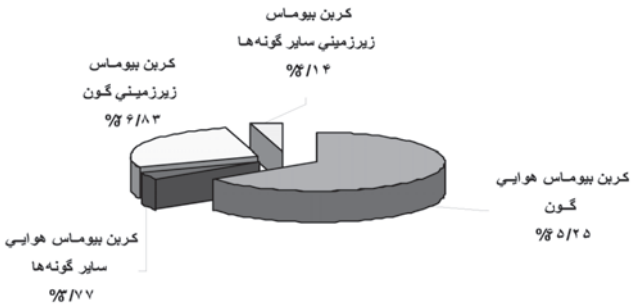
www.SID.ir

Archive of SID

عکس ۳- نمایی از گونه Astragalus brachycalex در منطقه گلستان کوه خوانسار



شکل ۲- توزیع ترسیب کربن در خاک، بیوماس و لاشبرگ در منطقه گلستان کوه خوانسار



شکل ۳- توزیع کربن بیوماس کل در اندام‌های هوایی و زیرزمینی گون و سایر گونه‌ها در منطقه گلستان کوه خوانسار

عکس ۴- نمایی از بیوماس زیرزمینی گونه Astragalus brachycalex در منطقه گلستان کوه خوانسار

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- خلاصه آماره‌های میانگین، حداقل، حداکثر و اشتباه استاندارد روی میانگین کل ۶۵ پلات منطقه گلستان کوه خوانسار

صفت	اشتباه استاندارد	حداکثر	حداقل	میانگین
درجه شیب	۰/۸۷	۳۰/۰۰	۲/۰۰	۸/۶۶
درصد رس خاک	۰/۵۱	۱۳/۸۰	۵/۶۰	۹/۲۶
درصد شن خاک	۱/۴۹	۷۷/۲۰	۵۳/۸۰	۶۵/۹۶
درصد لوم خاک	۱/۲۵	۳۶/۶۰	۱۶/۰۰	۲۴/۷۸
مقدار pH خاک	۰/۰۸	۸/۲۳	۶/۸۴	۷/۵۹
درصد سنگ و سنگریزه خاک	۳/۰۳	۷۰/۴۰	۳/۱۷	۲۶/۱۱
مقدار EC خاک (دسی زیمنس بر متر)	۰/۰۶	۱/۵۵	۰/۳۱	۰/۷۱
وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتیمتر مکعب)	۰/۰۳	۱/۹۷	۱/۱۷	۱/۶۱
درصد رطوبت اشباع خاک	۲/۸۴	۷۹/۰۰	۲۶/۵۵	۴۶/۷۶
ارتفاع از سطح دریا (متر)	۶/۲۶	۲۸۰۱/۰۰	۲۵۹۱/۰۰	۲۶۵۵/۷۸
تراکم (تعداد گیاه در متر مربع)	۰/۰۶	۲/۰۰	۰/۲۵	۰/۷۷
پوشش گیاهی (متر مربع در متر مربع)	۰/۰۳	۰/۸۹	۰/۰۳	۰/۳۵
ارتفاع بوته (متر)	۰/۰۲	۱/۰۰	۰/۲۰	۰/۴۸
حجم بوته (متر مکعب بر متر مربع)	۰/۰۲	۰/۷۸	۰/۰۱	۰/۱۹
بیوماس هوایی گون (گرم بر متر مربع)	۷۴/۷۷	۲۳۶۸/۱۰	۱۲۶/۸۶	۶۶۶/۹۶
بیوماس هوایی سایر گونه‌ها (گرم بر متر مربع)	۴/۰۳	۱۳۱/۲۵	۳/۷۵	۳۴/۸۹
بیوماس زیرزمینی گون (گرم بر متر مربع)	۳۰/۸۳	۹۷۶/۵۳	۵۲/۳۱	۲۷۵/۰۳
بیوماس زیرزمینی سایر گونه‌ها (گرم بر متر مربع)	۰/۶۴	۲۱/۰۰	۰/۶۰	۵/۵۸
کربن بیوماس هوایی گون (گرم بر متر مربع)	۳۵/۶۸	۱۱۲۹/۹۴	۶۰/۵۳	۳۱۸/۲۴
کربن بیوماس هوایی سایر گونه‌ها (گرم بر متر مربع)	۱/۸۵	۶۰/۳۸	۱/۷۳	۱۶/۰۵
کربن بیوماس زیرزمینی گون (گرم بر متر مربع)	۱۴/۷۰	۴۶۵/۵۶	۲۴/۹۴	۱۳۱/۱۲
کربن بیوماس زیرزمینی سایر گونه‌ها (گرم بر متر مربع)	۰/۳۰	۹/۶۶	۰/۲۸	۲/۵۷
بیوماس هوایی کل (گرم بر متر مربع)	۷۵/۳۸	۲۴۰۳/۷۳	۱۳۹/۹۹	۷۰۱/۸۵
بیوماس زیرزمینی کل (گرم بر متر مربع)	۳۰/۹۲	۹۸۲/۲۳	۵۴/۴۱	۲۸۰/۶۲
بیوماس کل (گرم بر متر مربع)	۱۰۶/۲۹	۳۳۸۵/۹۵	۱۹۴/۴۰	۹۸۲/۴۷
لاشبرگ (گرم بر متر مربع)	۱۴/۳۷	۵۰۰/۰۰	۱۲/۵۰	۱۰۳/۷۵
درصد کربن آلی خاک	۰/۱۲	۵/۷۰	۰/۷۶	۲/۷۷
کربن بیوماس هوایی کل (گرم بر متر مربع)	۳۵/۹۵	۱۱۴۶/۳۳	۶۶/۵۷	۳۳۴/۲۹
کربن بیوماس زیرزمینی کل (گرم بر متر مربع)	۱۴/۷۴	۴۶۸/۱۸	۲۵/۹۱	۱۳۳/۶۹
کربن بیوماس کل (گرم بر متر مربع)	۵۰/۶۹	۱۶۱۴/۵۱	۹۲/۴۸	۴۷۶/۹۸
کربن لاشبرگ (گرم بر متر مربع)	۶/۶۸	۲۴۳/۲۵	۵/۱۱	۴۸/۶۷
کربن آلی خاک (گرم بر متر مربع)	۴۴۱/۲۹	۱۷۶۴۵/۹۸	۱۸۱۳/۳۶	۸۹۷۳/۳۴
کربن آلی خاک و لاشبرگ (گرم بر متر مربع)	۴۴۲/۶۱	۱۷۶۸۸/۵۵	۱۸۲۲/۵۲	۹۰۲۲/۰۱
ترسیب کربن کل (گرم بر متر مربع)	۴۵۴/۲۳	۱۸۱۸۵/۹۵	۲۰۹۸/۰۴	۹۴۸۹/۹۹

www.SID.ir

Archive of SID

آن در جدول ۲ درج گردید.

ضرایب همبستگی بین پوشش گیاهی با سایر صفات حاکی از رابطه ی مثبت بین پوشش گیاهی با ارتفاع و حجم بوته‌ها در سطح ۱٪ بود. بین بیوماس هوایی کل با مقدار پوشش گیاهی، ارتفاع و حجم بوته‌ها و مقدار لاشبرگ در سطح ۱٪ رابطه مثبت و معنی‌دار برقرار بود. بیوماس زیرزمینی کل در سطح ۱٪ با بیوماس هوایی کل، مقدار پوشش گیاهی، ارتفاع و حجم بوته‌ها رابطه مثبت معنی‌دار داشت. رابطه مثبت و معنی‌داری بین بیوماس کل با مقدار پوشش گیاهی، ارتفاع و حجم بوته‌ها و بیوماس هوایی و زیرزمینی وجود داشت. مقدار لاشبرگ با بیوماس کل و بیوماس هوایی و زیرزمینی کل، درصد پوشش گیاهی و حجم بوته‌ها در سطح ۱٪ رابطه مثبت معنی‌دار داشت. بین کربن آلی خاک با بیوماس هوایی و زیرزمینی، بیوماس کل، مقدار لاشبرگ، ارتفاع بوته، درصد رطوبت اشباع، مقدار EC و درصد شن خاک رابطه مثبت و معنی‌دار و با درصد رس خاک و مقدار pH خاک رابطه منفی معنی‌دار وجود داشت. ترسیب کربن کل با ارتفاع بوته، حجم بوته، بیوماس هوایی، بیوماس زیرزمینی، بیوماس کل، مقدار لاشبرگ، مقدار کربن آلی خاک، درصد رطوبت اشباع، مقدار C ، درصد شن خاک و درصد شیب رابطه مثبت معنی‌دار و با درصد رس و مقدار pH خاک رابطه منفی معنی‌دار داشت.

معادلات رگرسیونی بین اجزا ترسیب کربن و عوامل پوشش گیاهی، توپوگرافی و خاک

با توجه به اینکه کل ترسیب کربن به سه جزء کربن آلی خاک، کربن بیوماس و کربن لاشبرگ تفکیک می‌شود، بنابراین در تجزیه رگرسیونی گام به گام به‌طور جداگانه هریک از این اجزا به‌عنوان متغیر تابع و سایر عوامل خاک، پوشش گیاهی و توپوگرافی به‌عنوان متغیر مستقل وارد مدل رگرسیونی شدند:

جدول ۲- تجزیه همبستگی بین صفات (عوامل) اندازه‌گیری شده در منطقه گلستان کوه خوانسار براساس میانگین داده‌های پلات‌های نمونه‌برداری

	درجه شیب	درصد رس خاک	درصد شن خاک	درصد لوم خاک	مقدار pH خاک	درصد سنگ و سنگریزه خاک	مقدار EC خاک (دسی زیمنس بر متر)	وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتیمتر مکعب)	درصد رطوبت اشباع خاک	ارتفاع از سطح دریا (متر)	تراکم گیاهی (تعداد گیاه در متر مربع)	پوشش گیاهی (متر مربع در متر مربع)	ارتفاع بوته (متر)	حجم بوته (متر مکعب بر متر مربع)	بیوماس هوایی کل (گرم بر متر مربع)	بیوماس زیرزمینی کل (گرم بر متر مربع)	بیوماس کل (گرم بر متر مربع)	لاشبرگ (گرم بر متر مربع)	کربن آلی خاک (گرم بر متر مربع)
درصد رس خاک	-۰/۰۸۹																		
درصد شن خاک	۰/۱۸۳	-/۵۹۷**																	
درصد لوم خاک	-۰/۱۸۲	۰/۳۰۴	-/۹۴۶**																
مقدار pH خاک	-۰/۳۴۱	۰/۴۴۹*	-۰/۴۱۱*	۰/۳۰۶															
درصد سنگ و سنگریزه خاک	۰/۱۲۴	-۰/۱۴۷	۰/۲۸۲	-۰/۲۷۵	۰/۲۸۰														
مقدار EC خاک	۰/۰۴۷	-۰/۴۴۶*	۰/۴۱۳*	-۰/۳۱۰	-۰/۰۶۱	۰/۳۱۴													
وزن مخصوص ظاهری خاک	۰/۰۸۹	-۰/۴۶۱*	۰/۳۴۱	-۰/۲۱۸	-۰/۲۲۷	۰/۱۰۷	۰/۱۶۲												
درصد رطوبت اشباع خاک	۰/۴۳۲*	-۰/۳۵۱	-۰/۰۳۲	۰/۱۸۰	-۰/۰۸۶	-۰/۱۰۵	۰/۲۵۷	-۰/۰۵۸											
ارتفاع از سطح دریا	۰/۴۴۶*	-۰/۳۷۴	-۰/۰۸۱	۰/۲۴۸	-۰/۳۷۹	-۰/۰۴۲	-۰/۰۱۷	۰/۱۳۸	۰/۴۴۷*										
تراکم گیاهی	۰/۲۸۷	۰/۰۶۰	۰/۰۳۶	-۰/۰۶۷	-۰/۰۳۸	-۰/۲۵۳	-۰/۱۶۶	۰/۱۹۴	-۰/۱۹۳	-۰/۰۱۸									
پوشش گیاهی	۰/۳۶۵	-۰/۱۸۸	۰/۱۴۹	-۰/۱۰۱	-۰/۰۰۲	۰/۲۳۸	۰/۰۶۶	۰/۰۳۹	۰/۲۶۱	۰/۲۷۸	-۰/۱۵۴								
ارتفاع بوته‌ها	۰/۵۷۹**	-۰/۲۷۵	۰/۳۶۸	-۰/۳۲۶	-۰/۱۵۱	۰/۲۶۳	۰/۲۱۶	۰/۳۲۸	۰/۲۴۳	۰/۱۷۰	-۰/۴۳۰*	۰/۵۲۴**							
حجم بوته‌ها	۰/۶۴۸**	-۰/۲۳۶	۰/۲۵۴	-۰/۳۰۶	-۰/۰۵۳	۰/۳۱۰	۰/۱۰۵	۰/۱۶۲	۰/۳۱۴	۰/۳۴۹	-۰/۳۱۸	۰/۸۴۴**	۰/۸۳۷**						
بیوماس هوایی کل	۰/۴۴۸*	-۰/۲۹۱	۰/۳۳۵	-۰/۲۸۰	-۰/۱۲۷	۰/۰۷۷	۰/۰۶۲	-۰/۰۳۶	۰/۳۰۵	۰/۱۷۶	-۰/۳۴۳	۰/۷۰۳**	۰/۵۴۴**	۰/۷۱۶**					
بیوماس زیرزمینی کل	۰/۴۳۴*	-۰/۲۷۷	۰/۳۲۱	-۰/۲۶۹	-۰/۱۱۱	۰/۰۶۷	۰/۰۵۳	-۰/۰۴۴	۰/۲۹۷	۰/۱۶۲	-۰/۳۴۳	۰/۷۰۳**	۰/۵۳۳**	۰/۷۰۹**	۰/۹۹۹**				
بیوماس کل	۰/۴۴۴*	-۰/۲۸۷	۰/۳۳۱	-۰/۲۷۷	-۰/۱۲۲	۰/۰۷۴	۰/۰۵۹	-۰/۰۳۹	۰/۳۰۳	۰/۱۷۲	-۰/۳۴۳	۰/۷۰۳**	۰/۵۴۱**	۰/۷۱۴**	۱/۰۰**	۱/۰۰**			
لاشبرگ	۰/۲۹۸	-۰/۴۰۰*	۰/۰۳۸	۰/۱۱۷	-۰/۱۹۵	-۰/۰۷۸	-۰/۰۸۷	۰/۰۰۴	۰/۳۷۹	۰/۵۸۲**	-۰/۲۰۸	۰/۵۲۰**	۰/۳۴۵	۰/۵۴۳**	۰/۶۸۷**	۰/۶۸۱**	۰/۶۸۵**		
کربن آلی خاک	۰/۳۷۳	-/۶۸۶**	۰/۵۳۸**	-۰/۳۶۱	-/۵۴۴**	۰/۰۵۵	۰/۵۶۱**	۰/۳۹۹*	۰/۵۲۸**	۰/۲۰۷	-۰/۰۸۷	۰/۲۲۱	۰/۴۵۹*	۰/۳۱۹	۰/۴۱۳*	۰/۳۹۹*	۰/۴۰۹*	۰/۴۰۲*	
ترسیب کربن کل	۰/۴۰۸*	-/۶۹۵**	۰/۵۵۲**	-۰/۳۷۴	-/۵۳۹**	۰/۰۵۸	۰/۵۴۴**	۰/۳۷۹	۰/۵۴۴**	۰/۲۲۶	-۰/۱۲۳	۰/۲۹۳	۰/۵۰۲*	۰/۴۰۰*	۰/۴۰۳*	۰/۴۰۳*	۰/۳۹۹*	۰/۴۰۱*	۰/۹۹۴**

** و * = به ترتیب ضرایب همبستگی در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ معنی‌دار است

الف- کربن آلی خاک:

کربن آلی خاک به‌عنوان متغیر تابع و عوامل خاک، پوشش گیاهی و توپوگرافی به‌عنوان متغیر مستقل مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج به‌دست آمده (جدول ۳) نشان داد که درصد رس خاک به تنهایی ۴۷٪ و همراه با درجه شیب، مقدار EC و pH خاک ۷۱٪ تغییرات کربن آلی خاک را توجیه کردند. اگر Y کربن آلی خاک و X_1 تا X_4 به‌ترتیب درصد رس خاک، درجه شیب، مقدار EC و مقدار pH خاک فرض شوند، معادله کلی رگرسیون گام به گام به‌صورت زیر خواهد بود:

$$Y=۳۰۵۰/۸۳-۵۲۲/۳۵x_1+۱۴۳/۸۹x_2+۴۶+۹/۱۸x_3-۲۷۹۷/۳۷x_4$$

این معادله نشان می‌دهد که درجه شیب و مقدار EC خاک در جهت مثبت و درصد رس خاک و مقدار pH خاک در جهت منفی بر روی کربن آلی خاک تأثیر می‌گذارند.

ب- کربن بیوماس کل:

کربن بیوماس کل به‌عنوان متغیر تابع و سایر عوامل به‌عنوان متغیر مستقل مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج جدول ۴ نشان داد که حجم بوته به تنهایی ۵۱٪ و همراه با عامل لاشبرگ ۶۴٪ کربن بیوماس کل را توجیه کردند؛ به‌نحوی‌که اگر Y کربن بیوماس کل و X_1 و X_2 به‌ترتیب حجم بوته و مقدار لاشبرگ فرض شوند، معادله کلی رگرسیون گام به گام به‌صورت زیر خواهد بود:

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام کربن آلی خاک (متغیر تابع) با عوامل خاک، پوشش گیاهی و توپوگرافی (متغیرهای مستقل) در منطقه گلستان کوه خوانسار

	مراحل رگرسیون گام به گام			
	۱	۲	۳	۴
عدد ثابت	۱۸۰۰۶/۲۱	۱۶۱۵۴/۷۹	۱۱۴۵۹/۷۰	۳۰۵۰۳/۸۳
درصد رس خاک	-۹۷۸/۳۷	-۹۳۸/۳۳	-۷۳۷/۷۴	-۵۲۲/۳۵
درجه شیب		۱۷۹/۷۱	۱۷۸/۳۹	۱۴۳/۸۹
مقدار EC خاک (دسی زیمنس بر متر)			۴۰۳۰/۹۸	۴۶۹۹/۱۸
مقدار pH خاک				-۲۷۹۷/۳۷
ضریب تبیین R^2	۰/۴۷	۰/۵۷	۰/۶۵	۰/۷۱

$$Y=۱۲۲۸/۳۰+۱۱۳۹۷۸x_۱+۱/۳۱x_۲$$

این معادله نشان می‌دهد که صفات مذکور در جهت مثبت بر روی کربن بیوماس تأثیر می‌گذارند.

ج- کربن لاشبرگ:

کربن لاشبرگ به‌عنوان متغیر تابع و سایر عوامل به‌عنوان متغیر مستقل مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج جدول ۵ نشان داد که بیوماس هوایی کل، درصد لوم و رس خاک مجموعاً ۶۴٪ تغییرات کربن لاشبرگ را توجیه کردند که توجیه بالایی نمی‌باشد. با فرض این‌که Y کربن لاشبرگ و $X_۱$ تا $X_۳$ به ترتیب بیوماس هوایی کل، درصد لوم و رس خاک در نظر گرفته شوند؛ معادله کلی رگرسیون گام به گام به صورت زیر خواهد بود:

$$Y= -۱۵/۷۲+۰/۰۷x_۱+۳/۸۸x_۲+۷۷/۷x_۳$$

این معادله نشان گر تأثیر مثبت بیوماس هوایی کل و درصد لوم خاک و تأثیر منفی درصد رس خاک بر روی کربن لاشبرگ است.

بحث و نتیجه‌گیری

میانگین کل کربن ترسیب شده در هر هکتار از گون‌زارهای مورد مطالعه ۹۴/۹۰ تن در هکتار و برای کل منطقه مورد مطالعه (به وسعت ۱۵۰ هکتار)، ۱۴۲۳۵ تن برآورد گردید. تیپ‌های گیاهی *Astragalus brachycalex - Agropyron sp* و *Astragalus brachycalex* در منطقه خوانسار- فریدن استان اصفهان دارای مساحتی معادل ۵۶۲۵۲ هکتار می‌باشند (۳) که با احتساب ۹۴/۹۰ تن ترسیب کربن در هر هکتار،

جدول۴- نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام کربن بیوماس کل (متغیر تابع) با عوامل خاک، پوشش گیاهی و توپوگرافی (متغیرهای مستقل) در منطقه گلستان کوه خوانسار

	مراحل رگرسیون گام به گام	
	۱	۲
عدد ثابت	۱۹۷/۹۴	۱۲۸/۳۰
حجم بوته (متر مکعب بر متر مربع)	۱۶۷۶/۹۲	۱۱۳۹/۷۸
لاشبرگ (گرم بر متر مربع)		۱/۳۱
ضریب تبیین R^2	۰/۵۱	۰/۶۴

جدول۵ - نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام کربن لاشبرگ (متغیر تابع) با عوامل خاک، پوشش گیاهی و توپوگرافی (متغیرهای مستقل) در منطقه گلستان کوه خوانسار

	مراحل رگرسیون گام به گام		
	۱	۲	۳
عدد ثابت	۹/۸۲	-۷۴/۶۸	-۱۵/۷۲
بیوماس هوایی کل (گرم بر متر مربع)	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۰۷
درصد لوم خاک		۳/۱۱	۳/۸۸
درصد رس خاک			-۷/۷۷
ضریب تبیین R^2	۰/۴۴	۰/۵۴	۰/۶۴

کل کربن ترسیب شده در این تیپ‌ها معادل حدود ۵/۳۴ میلیون تن برآورد می‌گردد. اگر ارزش اقتصادی هر تن کربن حداقل ۵۰ دلار آمریکا درنظر گرفته شود (۱۳)، ارزش کربن ترسیب شده در هر هکتار از گون‌زارهای مورد مطالعه ۴۷۴۵ دلار و در کل مساحت تیپ‌های یاد شده ۲۶۷ میلیون دلار برآورد می‌گردد. نتایج مطالعات عبدی (۴) در گون‌زارهای استان مرکزی نشان داد که در هر هکتار از گون‌زارهای منطقه مالمیر شهرستان شازند و منطقه حفاظت شده هفتادقله، به‌ترتیب کل کربن ترسیب شده معادل ۳۲/۷۳ و ۴۲/۳۴ تن بود. در مناطق یاد شده گونه غالب تیپ Astragalus *verus* بود، که در مقایسه با گونه Astragalus brachycalex غالب در منطقه گلستان کوه خوانسار دارای ارتفاع، سطح تاج پوشش و بیوماس هوایی و زیرزمینی کمتری می‌باشد. با توجه به‌اینکه میزان بارندگی در منطقه مالمیر شازند (۴۸۰ میلی‌متر) بیش از منطقه گلستان کوه خوانسار (۴۰۰ میلی‌متر) می‌باشد و سایر عوامل خاک و توپوگرافی و اقلیم نیز تشابه زیادی باهم دارند، می‌توان ترکیب گونه‌ای و پتانسل گونه‌های مختلف گون را در ترسیب کربن عامل مؤثری دانست. در اکوسیستم‌هایی که دارای پوشش گیاهی و بیوماس بیشتری هستند و از توان بیولوژیک بالاتری برخوردارند، مقدار ترسیب کربن افزایش می‌یابد. تحقیقات زیادی بیانگر رابطه ترسیب کربن در واحد سطح (به ویژه کربن آلی خاک) با نوع گونه‌های گیاهی، نوع اقلیم و عوامل خاک و توپوگرافی بوده‌اند (۱۸،۱۴،۱۰،۸،۷).

با توجه به این‌که سهم خاک در ترسیب کربن کل بیش از ۹۴ درصد بود، بنابراین می‌توان با اطمینان بیان داشت که در اکوسیستم‌های مرتعی و به‌ویژ گون‌زارها خاک مهم‌ترین مخزن کربن آلی است. نتایج تحقیقات Aradottir و همکاران (۷) و Snorrason و همکاران (۲۰) مؤید این نتیجه است.

نتایج توزیع کربن بیوماس کل (شکل ۲) نشان داد که ذخیره ی کربن در بیوماس اندام‌های هوایی، بیش از ریشه‌ها بود که با نتایج مطالعات Aradottirو همکاران (۷) مطابقت دارد. علت این امر، بالا بودن نسبت بیوماسهوایی گون و سایر گونه‌ها در مقایسه با بیوماس زیرزمینی آنها می‌باشد (جدول ۱).

نتایج ضرایب همبستگی بین صفات مختلف مورد مطالعه (جدول ۲)، حاکی از همبستگی مثبت بین بیوماس هوایی با مقدار پوشش گیاهی، ارتفاع و حجم بوته‌ها بود که با یافته‌های MacDicken (۱۴) و Honda

www.SID.ir

Archive of SID

و همکاران (۱۱) مطابقت دارد. بین بیوماس زیرزمینی کل با بیوماس هوایی کل، مقدار پوشش گیاهی، ارتفاع و حجم بوته‌ها رابطه مثبت و معنی‌دار وجود داشت. به‌عبارت دیگر هرچه مقدار تاج‌پوشش، ارتفاع و حجم بوته گون بیشتر باشد، بیوماس هوایی بیشتر است و با افزایش بیوماس هوایی، بیوماس زیرزمینی نیز افزایش می‌یابد. نسبت بیوماس زیرزمینی به بیوماس هوایی، بسته به فرم رویشی، گونه گیاهی و شرایط اقلیمی و ادافیکی رویشگاه متفاوت است (۱۰،۱۴). بین بیوماس کل با مقدار پوشش گیاهی، ارتفاع و حجم بوته‌ها و بیوماس هوایی و زیرزمینی کل همبستگی مثبت و معنی‌داری به‌دست آمد. تحقیقات MacDicken (۱۴) مؤید ارتباط بین ارتفاع و سطح تاج پوشش با بیوماس است. کربن آلی خاک تحت تأثیر ارتفاع بوته، بیوماس هوایی و زیرزمینی و لاشبرگ قرار داشت و با افزایش کربن آلی خاک، درصد رطوبت اشباع و مقدار هدایت الکتریکی خاک افزایش و اسیدیته خاک کاهش نشان داد. نتایج تجزیه همبستگی نشان داد که ترسیب کربن کل با ارتفاع و حجم بوته، بیوماس هوایی کل، بیوماس زیرزمینی کل، بیوماس کل، مقدار لاشبرگ و کربن آلی خاک رابطه مثبت و معنی‌دار داشت. Honda و همکاران (۱۱)، معتقدند که بیشتر روش‌های برآورد ترسیب کربن بر پایه اندازه‌گیری بیوماس استوار هستند.

نتایج ضرایب همبستگی (جدول ۲) و تجزیه رگرسیونی گام به گام (جدول ۳) نشان داد که بین درجه شیب و کربن آلی خاک و به‌عبارت دیگر بین توپوگرافی و مقدار کل ترسیب کربن رابطه مثبت و معنی‌دار وجود داشت. علت این امر را می‌توان به سازگاری بالا و ایجاد پوشش گیاهی متراکم گون در دامنه‌های شیب‌دار منطقه مورد مطالعه نسبت داد که با یافته‌های مطالعات معصومی (۶) مطابقت دارد.

نتایج تجزیه رگرسیونی گام به گام (جدول ۴) نشان داد که بافت خاک از عوامل مهم مؤثر بر کربن آلی خاک می‌باشد و خاک‌های سبک شنی در مقایسه با خاک‌های سنگین رسی از پتانسیل ترسیب کربن بالاتری برخوردارند. دلیل این امر را می‌توان به بهبود شرایط ریشه‌دوانی در خاک‌های سبک و سازگاری بالای گون‌ها در خاک‌های واریزه‌ای مرتبط دانست (۶). مقایسه ضرایب معادلات رگرسیونی گام به گام بر روی اجزا اصلی ترسیب کربن (کربن بیوماس گیاهی، کربن لاشبرگ و کربن آلی خاک) و ضرایب همبستگی، بیانگر وجود تطابق مناسب بین نتایج تجزیه رگرسیونی و نتایج تجزیه همبستگی بود.

به‌طورکلی می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که ترسیب کربن کل در واحد سطح گون‌زارها، با پوشش گیاهی، بیوماس و اجزای آن، مقدار لاشبرگ و کربن آلی خاک رابطه مستقیم دارد. جهت افزایش ترسیب کربن در گون‌زارها، گزینه‌های کاربردی مدیریت اکوسیستم باید بر سه محور خاک، بیوماس و لاشبرگ استوار باشند. باتوجه به این‌که دست‌کاری و اعمال تغییرات در خاک و لاشبرگ معمولاً به‌طور مستقیم میسر نیست، بنابراین ابزار مدیریتی مستقیم بر تغییرات بیوماس متمرکز می‌گردد. به‌عنوان مثال Bruce و همکاران (۸)، Post و Kwon (۱۶)، Su-Yong و Zhao (۲۲)، Schuman و همکاران (۱۷) و Derner و Schuman (۱۰)، معتقدند که مقدار کربن خاک در مراتع و گراسلندها تحت تأثیر شیوه‌های مختلف مدیریت دام و عملیات اصلاحی و احیایی مرتع قرار می‌گیرند. به‌همین سبب در بسیاری از پروژه‌های ترسیب کربن، از طریق اعمال مدیریت صحیح اکولوژیکی در جهت افزایش بیوماس گیاهی و جلوگیری از کاهش توان بیولوژیک سرزمین اقداماتی صورت می‌گیرد؛ چرا که هرگونه تلاش در جهت افزایش پتانسیل بیولوژیک اراضی و بازگرداندن ظرفیت‌های ازدست‌رفته عرصه‌های منابع طبیعی که در راستای توسعه پایدار باشد؛ افزایش ترسیب کربن و یا جلوگیری از انتشار و هدررفت کربن را به همراه دارد.

به این دلیل که قسمت اعظم کربن ترسیب شده در خاک قرار دارد، فرآیند فرسایش خاک موجب هدررفت کربن می‌گردد و هرگونه عملیات بیولوژیکی و مکانیکی که مانع سیر قهقرایی خاک و پوشش گیاهی شود، قطعاً گام مثبتی در جهت مدیریت ترسیب کربن خواهد بود (۱۲). در چنین شرایطی است که در بسیاری از مطالعات، از ترسیب کربن، به‌عنوان ارزش افزوده برای پروژه‌های اصلاح، احیا و مدیریت عرصه‌های منابع طبیعی استفاده می‌شود. Cairns و Meganck (۹) نیز معتقدند که مدیریت جامع جنگل، معادل ترسیب کربن, توسعه پایدار و حفظ تنوع زیستی است؛ در مورد مرتع و سایر اکوسیستم‌های طبیعی نیز می‌توان این مفهوم را تعمیم داد. نگارندگان معتقدند جای آن دارد که در متون علمی مرتع‌داری و منابع طبیعی، ترسیب کربن به‌عنوان یکی از ارزش‌ها و تولیدات مراتع و منابع طبیعی در کنار استفاده‌های شناخته شده‌ای مثل تولید علوفه، گیاهان دارویی، محصولات فرعی، چرای دام و حیات وحش، تنوع زیستی، استفاده‌های تفرجگاهی، تولید اکسیژن و تلطیف هوا گنجانده شود.

منابع مورد استفاده

۱ -امانی، م. و مداح عارفی، ح.(۱۳۸۲) بررسی قابلیت ترسیب کربن در تاغزارهای دست‌کاشت کشور و استراتژی آینده. مجموعه مقالات اولین همایش تاغ و تاغکاری، کرمان، صص ۲۷۲-۲۶۴.

۲-جعفری حقیقی، م.(۱۳۸۲) روش‌های تجزیه خاک- نمونه‌برداری و تجزیه‌های مهم فیزیکی و شیمیایی «با تأکید بر اصول تئوری و کاربردی». انتشارات ندای ضحی، ۲۳۶ص.

۳-سعیدفر، م.، افتخاری، م.، فیضی، م. ت. و شکوئی، م.(۱۳۷۱) بررسی پوشش گیاهی منطقه خوانسار- فریدن. انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع، شماره انتشار ۹۰، ۵۰ ص.

۴-عبدی، ن.(۱۳۸۴) برآورد ظرفیت ترسیب کربن توسط جنس گون (زیر جنس Tragacanth) در استان‌های مرکزی و اصفهان. رساله دکتری علوم مرتع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ۱۹۴ ص.

۵-عبدی، ن.(۱۳۸۵) معرفی ترسیب کربن به عنوان شاخصی جهت سنجش توسعه پایدار منابع طبیعی. چکیده مقالات سومین همایش راهکارهای تحقق توسعه پایدار در کشاورزی و منابع طبیعی، اراک ۵ دی‌ماه، صص ۶۲-۵۷.

۶-معصومی، ع. ا.(۱۳۷۹) گون‌های ایران. جلد چهارم، انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع، ۴۴۰ ص.

7-Aradottir, A., Savarsdottir, L., Kristin, H., Jonsson, P. and Gudbergsson, G.(2000) Carbon accumulation in vegetation and solids by reclamation of degraded areas. *Icelandic Agricultural Sciences* 13: 99-113.

8-Bruce, J.P., Frome, M., Haites, E., Joanne, H., Lal, R. and Faustion, K.(1999) Carbon sequestration in soils. *Journal of Soil and Water Conservation*, First Quarter.

www.SID.ir

Archive of SID

9-Cairns M.A. and Meganck R.A.(1994) Carbon sequestration, biological diversity and sustainable development. Integrated forest management, *Environmental Management* 18: 1, 13-22.

10-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.

11-Honda, Y., Yamamoto, H., and Kajiwara K.(2000) *Biomass Information in Central Asia. Center for Environmental Remote Sensing*, Chiba University: 1-33, Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba, 263-8522, JAPAN.

12-Izaurralde, R., Williams, C.J.R. Post, W. M. and Thomson, A. M.(2007) Long-term modeling of soil C erosion and sequestration at the small watershed scale. *Climatic Change*, 80(1-2): 73-90.

13-Luciuk, G.M., Bonneau, M.A., Boyle, D.M. and Vibery, E.(2000) Prairie Farm Rehabilitation. Administration Paper, Carbon Sequestration-Additional Environmental Benefits of Forests in the PFRA.

14-MacDicken K.G.(1997) A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Winrock Internationl Institute for Agricultural Development, *Forest Carbon Monitoring Program.*

15-Nyborg, M., Molina-Ayala, M., Solberg, F.D., Izaurralde, R.C., Malhi, S.S. and Janzen, H.H.(1997) Carbon storage in grassland soils as ralated to N and S fertilizer: 421-432 In Lari, F., Kimble, R.J., Follert R. and Stew-an B.A., (ads). *Management of Carbon Sequestration* in Soil. CRC Press, Boca Raton.

16-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.

17-Schuman, G.E., Ingram, L.J., Stahl, R.D. and Vance G.F.(2005) Dynamics of long-term carbon sequestration on rangelands in the western USA. *In XX International Grassland Congress*, 26 June-1 July (2005), Dublin, Ireland, eds. F.P. O'Mara, RJ. Wilkins, L.'t Mannetje, DK. Lovett. P.A.M. Rogers, and T.M. Boland, 590. The Netherlands: Wageningen Academic Publishers.

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

19-Smith P.(2004) Carbon sequestration in croplands: the potential in Europe and the global context. *European Journal of Agronomy* 20: 3, 229-236.

20-Snorrason, A., Sigurdsson, B.D., Gudbergsson, G., Svavarsdottir, K., and Jonsson, T.H.H.(2002) Carbon sequestration in forest plantations in Iceland. Buvisindi 15: 81-93.

21-Sorensen, T.(1948) A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on species content. Det Kongelige Danske Videnskabernes Selkab, Biologike Skrifter, Bind V, Nr. 4, Kopenhagen

22-Su-Yong, Z. and Zhao, H.L.(2003) Influences of grazing and exclosure on carbon sequestration in degraded sandy grassland. Inner Mongolia, north China, New Zealand Journal of Agricultural Research 46: 4, 321-328.

23-UNDP. (2000). Carbon sequestration in the desertified rangelands of Hossein Abad, through community based management, program coordination, pp:1-7.

www.SID.ir