

بررسی برخی عوامل مؤثر بر کربن آلی خاک در حوزه آبخیز زیلبرچای

لیلا کاشی زنوزی*، شهرام بانج شفیع و علی اشرف جعفری^۱

(تاریخ دریافت ۱۳۹۴/۸/۳۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱/۱۶)

چکیده

در این تحقیق تأثیر درجه حرارت، تبخیر و تعرق، بارندگی، جهت دامنه و طبقات ارتفاعی، بافت و اسیدیته خاک بر درصد کربن آلی در دو عمق ۱۵ و ۴۵ سانتی متری خاک مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج آزمون t جفتی نشان داد اختلاف معنی داری بین مقادیر اندازه گیری شده در دو عمق خاک وجود دارد. پس از تهیه داده های مورد نیاز و پردازش آنها و حذف داده های پرت، نقشه های پایه مربوط به هریک از لایه های اطلاعاتی، توسط نرم افزار Arc GIS9.3 به دست آمدند و سپس با روی هم گذاری نقشه ها اطلاعات مربوط به یکدیگر جفت شدند. ضرایب همبستگی پیرسون بین عوامل مورد نظر نشان دادند که در عمق ۱۵ سانتی متری خاک، مقادیر کربن آلی با دو عامل محیطی شامل دما و ارتفاع در سطح ۰/۰۱ همبستگی دارد. همچنین نتایج آنالیز آماری حاصل از انجام تجزیه مؤلفه های اصلی (PCA) نشان دادند که عوامل درجه حرارت، تبخیر، در سطح یک درصد و میزان لای و رس خاک، در سطح پنج درصد بر مقدار کربن آلی خاک تأثیرگذار هستند. محورهای اول، دوم و سوم با مقادیر ویژه ۴/۹۸، ۳/۷۸ و ۱/۹۲ به ترتیب ۰/۳۳، ۰/۲۵ و ۰/۱۳ درصد از تغییرات همبستگی بین مقادیر کربن آلی و داده های محیطی را توجیه نمودند.

واژه های کلیدی: تجزیه مؤلفه های اصلی، ضریب همبستگی، زیلبرچای

۱. بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: lzenouzi@yahoo.com

مقدمه

مواد آلی خاک کلیدی ترین عامل در باروری و کیفیت خاک، حفاظت محیط زیست، تصفیه آلاینده‌ها و نیز انتقال و ذخیره آب و املاح در خاک می‌باشد. همچنین، این جزء از خاک، سیستم ایمنی خاک و دیگر ارکان اکوسیستم است و مهم ترین نقطه امید برای اصلاح تغییرات اقلیمی و کاهش گازهای گلخانه‌ای در جو زمین است (۱۴). از طرفی ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک به شدت تحت تأثیر مواد آلی خاک قرار می‌گیرند (۱۳ و ۲۰).

میزان کربن ذخیره شده در خاک، حاصل تعادل بین دو فرایند مهم زیستی است که باعث تولید مواد آلی از یک سو و تجزیه این مواد از سوی دیگر می‌شود (۳۰). تفاوت در محتوای کربن موجود در اکوسیستم‌های مختلف، تا حدود زیادی وابسته به عوامل خاک و اقلیم است و کربن آلی با افزایش محتوای رس خاک و بارندگی سالانه، افزایش و با افزایش دمای سالانه، کاهش می‌یابد (۸). به بیان دیگر تغییرات اقلیمی هم به صورت طبیعی و هم به دلیل تأثیر فعالیت‌های انسانی گریز ناپذیرند و بررسی کربن آلی در اقلیم‌های متفاوت می‌تواند الگویی از تغییرات کربن در اثر اقلیم ارائه دهند (۴ و ۳۵). دمای یکی از مؤثرترین پارامترهای اقلیمی می‌باشد، چرا که این پارامتر نه تنها نرخ فرآیندهای شیمیایی، بیولوژیکی و فیزیکی را در خاک کنترل می‌کند، بلکه بر نرخ رشد گیاهان نیز تأثیر مستقیم دارد (۱۵ و ۴).

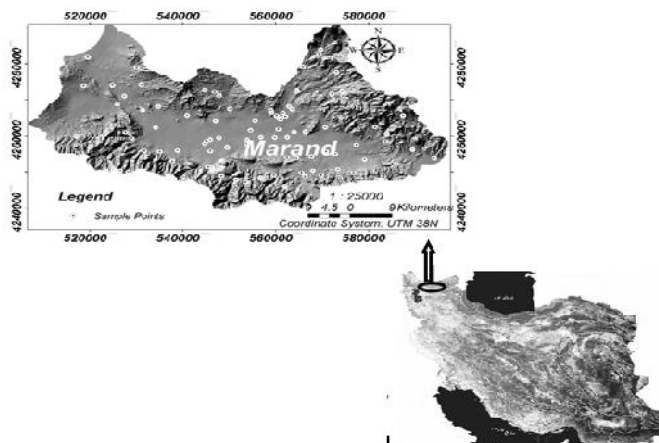
همچنین ویژگی‌های توپوگرافی از ارتفاع از سطح تراز دریا و جهت شیب دامنه، با ایجاد تغییراتی در الگوی بارش و دما، میکرو اقلیم را به وجود آورده و بر ویژگی‌های خاک تأثیر می‌گذارند (۳۲). بررسی اگلی و همکاران (۱۱) در ارتفاعات شمال ایتالیا نشان داد که در شیب‌های شمالی، خاک از دمای پایین تر و رطوبت بیشتری برخوردار است. بنابراین در این مناطق در مقایسه با مناطق شمالی تولید ماده آلی بیشتر و تجزیه آن کندتر از مناطق جنوبی است (۲ و ۱۹).

همچنین تحقیقات نشان داده است که خاک‌های رسی مواد آلی بیشتری در مقایسه با خاک‌های شنی دارند و معمولاً رابطه

بسیار نزدیکی بین میزان کربن آلی و مقدار رس و لای وجود دارد (۲۳ و ۲۴). براساس یافته‌های کراو و همکاران (۱۰) بیش از ۹۰ درصد کل کربن آلی خاک‌ها به صورت کمپلکس‌های مواد آلی و رس وجود دارد و جذب در سطح کانی‌های رسی، اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن و آلومینیوم مؤثرترین فرآیند در حفظ مواد آلی حاصل از تجزیه میکروبی است (۲۱). خاک‌های ریز بافت با تأثیر بر تجمع و الگوی معدنی شدن بر ذخیره کربن آلی خاک اثر گذارند (۲۷ و ۳۳). خاک‌های غنی از ذرات ریز مکانیسم‌های فیزیکی و شیمیایی لازم برای حفاظت از کربن آلی خاک را در مقابل تجزیه میکروبی فراهم می‌کنند (۲۶ و ۲۷). درحالی که خاک‌های دارای بافت درشت تر این وضعیت برعکس می‌باشد (۳۵ و ۲۵). همچنین اسیدهای حاصل از تجزیه مواد آلی و هوموس خاک عامل مؤثری در اسیدی شدن محیط خاک هستند. اکسیداسیون مواد آلی خاک توسط میکروارگانیسم‌ها با تولید گاز دی‌اکسید کربن و اسید کربنیک سبب جابه‌جا شدن عناصر قلیایی از سطح کلوئیدهای خاک می‌شود و این روند با تولید هیدروژن باعث کاهش عناصر قلیایی یا افزایش اسیدیته و نیز کم شدن درصد اشباع بازی خاک می‌گردد (۳۱).

مدیریت اراضی به‌عنوان مهم‌ترین عامل انسانی مؤثر بر تغییرات کربن آلی خاک و پایداری خاکدانه‌ها شناخته می‌شود، البته این میزان تأثیر بسته به اقلیم و بافت خاک متفاوت می‌باشد مانوز روجاس و همکاران (۲۲) با استفاده از مدل CarboSOIL تأثیر تغییرات اقلیمی را بر میزان کربن آلی خاک با در نظر گرفتن عوامل مختلف بررسی نموده و اعلام کردند مقدار ماده آلی خاک در ارتباط با تغییرات اقلیمی، در اراضی کشاورزی بیشترین کاهش را در سال‌های آتی خواهد داشت (۳۶).

با توجه به این که ۸۲ درصد مساحت کشور در اقلیم خشک و نیمه‌خشک قرار دارد، تأثیر عوامل محیطی بر مطالعه مقدار کربن آلی خاک در اقلیم خشک و نیمه‌خشک در ایران از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۱۷). از اینرو در این تحقیق، حوزه آبخیز زیلبرچای که براساس طبقه‌بندی آمبرژه در



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی حوضه آبخیز زیلبرچای در ایران

ارتفاعی با استفاده از نقشه DEM و امکانات نرم‌افزار Arc GIS 9.3 تهیه شدند.

برای تهیه نقشه هم تبخیر، هم باران و همدمای حوضه آبخیز زیلبرچای علاوه بر اطلاعات نقطه‌ای ایستگاه‌های هواشناسی منتخب (۱۶ ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژی)، از آمار و اطلاعات ایستگاه‌هایی که دارای آمار ناقص (زیر ۱۰ سال) بودند (۷ ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژی) نیز به‌عنوان نقاط راهنما و کمکی در بازسازی نواقص آماری مورد استفاده قرار گرفتند. طول دوره آماری ۳۴ سال (از سال ۱۳۵۶ تا سال ۱۳۹۰) بود. در مرحله اول آمار ایستگاه‌های منتخب به‌روش جرم مضاعف همگن شدند. سپس با انتقال مقادیر تبخیر، بارندگی، دما و ارتفاع ایستگاه‌های مختلف حوضه آبخیز مورد مطالعه روی محور مختصات، معادله همبستگی آنها به‌دست آمد که به‌صورت یک رابطه خطی بود. با استفاده از این معادله و مدل ارتفاع رقومی و به‌کارگیری نرم‌افزار Arc GIS 9.3، منحنی‌های هم تبخیر، هم باران و همدمای فواصل ۱۰ میلی‌متر برای حوضه آبخیز زیلبرچای استخراج شدند. بررسی نقشه هم باران نشان می‌دهد که روند عمومی افزایش بارندگی در جهت غرب به شرق بوده و هر چه از ارتفاعات به سوی دشت و خروجی حوضه نزدیک می‌شویم از میزان بارندگی کاسته می‌شود. به‌عبارت دیگر میزان بارندگی سالانه از ۵۰۰ میلی‌متر در ارتفاعات شرق و شمال حوضه تا ۲۰۰ میلی‌متر در خروجی

زمره مناطق نیمه‌خشک کشور قرار می‌گیرد (۵). برای بررسی رابطه برخی عوامل محیطی از قبیل اسیدیته خاک، توپوگرافی و توزیع اندازه ذرات خاک و تأثیر این عوامل بر مقدار کربن آلی خاک با توجه به روند تغییرات اقلیمی در چهار دهه اخیر انتخاب شده و مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز زیلبرچای با مساحت ۲۶۱۴۳۷ هکتار، بخشی از زیرحوضه آبخیز قطورچای را تشکیل می‌دهد که این زیرحوضه نیز در حوضه آبخیز ارس واقع شده است. این محدوده در گستره جغرافیایی "۳۰'۰۵" الی "۰۶'۴۶" طول شرقی و "۰۶'۱۶" الی "۴۵'۳۸" عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱). ارتفاع متوسط این زیر حوضه ۱۵۱۷/۶ متر از سطح دریا می‌باشد. مطابق بررسی‌های به‌عمل آمده میزان متوسط بارندگی سالانه برای کل محدوده مطالعاتی ۳۱۸ میلی‌متر می‌باشد (۵).

تهیه نقشه‌های پایه

نقشه DEM (مدل ارتفاع رقومی حوضه آبخیز زیلبرچای) با استفاده از رقومی کردن نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ و سپس میان‌یابی خطوط تراز و با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS 9.3 تهیه شد. نقشه درصد شیب، جهت و طبقات

تجزیه و تحلیل آماری

در ابتدا ماتریس داده‌ها برای عوامل محیطی و کربن آلی خاک تشکیل شد و سپس با بهره‌گیری از نرم‌افزار Minitab آنالیز آماری و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA: Principal Component Analysis) عوامل انجام یافت. برای بررسی اختلاف معنی‌داری بین مقادیر کربن آلی در دو عمق خاک و همچنین ضرایب همبستگی محاسبه شدند. طبق روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی وقتی مفید خواهد بود که درصد تجمعی واریانس مؤلفه‌ها به ۸۰ برسد (۱۸). رتبه‌بندی اجزای چرخشی بارگیری شده (ضرایب همبستگی) حاصل از خروجی PCA برای شناسایی مهم‌ترین عوامل محیطی و کربن آلی خاک مورد استفاده قرار گرفت. چرخش مؤلفه‌ها برای متغیرها به روش واریماکس انجام شد. ایده چرخش واریماکس بر این دلیل استوار است که هر متغیر، وزنی را بر تعداد کمی از اجزا تحمیل می‌کند که احتمالاً تفسیر روابط بین عوامل را آسان می‌نماید (۱۲). بنابراین با چرخش متغیرها، تعدادی متغیر غیروابسته و معنی‌دار جدید به نام محورهای اصلی یا اجزای اصلی به دست آمد. به طوری که مؤلفه‌های به دست آمده علت بیشترین پراش (واریانس) موجود بین داده‌های چند متغیره می‌باشند (۷). اولین مؤلفه تا آنجا که ممکن است علت بیشترین پراش موجود بین متغیرهاست و دومین مؤلفه علت بیشترین پراش ممکن بعد از مؤلفه اول تا Pام می‌باشد. بنابراین توابع خطی برای متغیرهای ۱ تا X_P به صورت روابط زیر تعریف می‌شوند:

$$PC_1 = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1p}X_p \quad [1]$$

$$PC_2 = a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2p}X_p \quad [2]$$

$$PC_p = a_{p1}X_1 + a_{p2}X_2 + \dots + a_{pp}X_p \quad [3]$$

$$\text{Var}PC_1 > \text{Var}PC_2 > \dots > \text{Var}PC_p \quad [3]$$

نتایج و بحث

نتایج آزمایشگاهی نمونه‌های خاک در عمق‌های ۱۵-۰ و ۴۵-۰ سانتی متری با استفاده از آزمون Paired Samples T test مقایسه شدند (جدول ۱).

حوضه و مناطق پست تغییر می‌کند. لیکن از آنجا که با افزایش تعداد ایستگاه‌ها باز هم یافته‌های به دست آمده از تجزیه و تحلیل ایستگاه‌ها قابل تعمیم به تمامی پهله حوزه آبخیز مورد مطالعه نبود. بنابراین با استفاده از روش میانبایی کریجینگ با شبکه‌ای به ابعاد $12/5 \times 12/5$ هکتار در عرصه حوزه آبخیز نقشه‌های هم‌باران، هم تبخیر و هم‌دما به دست آمد. سپس از داده‌های ایستگاه‌ها به عنوان شاهد برای سنجش صحت داده‌ها استفاده شد. بدین منظور از روش آماری نمونه‌برداری طبقه‌بندی شده استفاده شد و میزان صحت نقشه‌های هم‌باران، هم تبخیر و هم‌دما با درصد اطمینان به ترتیب ۹۴٪، ۸۹٪ و ۹۱٪ محاسبه شدند.

مطالعات میدانی

با توجه به هدف تحقیق برای تعیین خصوصیات خاک و به منظور تهیه نمونه‌های خاک، تعداد ۳۲ واحد کاری همگن با تلفیق سه نقشه درصد شیب، زمین‌شناسی و طبقات ارتفاعی (۱) با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS 9.3 تشکیل شد. سپس براساس روش آماری Stratified Random Sampling و با استفاده از نرم‌افزار ERDAS Imagine 9.2 با توجه به مساحت هر پلی‌گون تعداد ۴ الی ۵ نقطه در هر یک از واحدهای اراضی تعیین شدند که پس از مطابقت نقاط تعیین شده با تصاویر ماهواره‌ای از یک یا دو پروفیل خاک در هر واحد کاری حفر شده و نمونه‌های خاک تهیه و سپس برای اندازه‌گیری کربن آلی، اسیدیته خاک و تعیین دانه‌بندی نمونه‌های خاک به آزمایشگاه منتقل شدند. شایان ذکر است از نقاطی که در ارتفاعات صعب‌العبور و رودخانه‌ها قرار داشتند صرف نظر گردید. عمق نمونه‌برداری با توجه به طول ریشه گونه‌های مختلف گیاهی و عمق خاک محدوده پراکنش آنها از افق‌های A و B به ترتیب ۱۵-۰ و ۴۵-۰ سانتی متری خاک بود (شکل ۱). در این تحقیق ماده آلی خاک (روش والکلی بلاک) و بافت خاک (به روش هیدرومتری) اندازه‌گیری شدند.

جدول ۱. مقایسه خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک در دو عمق ۱۵- و ۴۵- سانتی متری

Sig. (2-tailed)	t	درجه آزادی	میانگین	اشتباه استاندارد	سطح اطمینان ۹۵ درصد		
					حداکثر	حداقل	
۰/۰۰	۴/۲۹۷	۳۸	۰/۲۸۳۶	۰/۴۱۲۱±۰/۰۶۶	۰/۱۵۰۰	۰/۴۱۷۲	کربن آلی ۱۵- کربن آلی ۴۵
۰/۰۰۷	۲/۸۳۳	۳۸	۱/۲۷۲۸	۲/۸۰۵۴±۰/۴۵	۰/۳۶۳۴	۲/۱۸۲۲	اسیدیته ۱۵- اسیدیته ۴۵
۰/۰۰۸	۲/۷۹۰	۳۸	۱۳/۱۸۹۷	۲۹/۵۲۰۲±۴/۷۲	۳/۶۲۰۴	۲۲/۷۵۹۱	شن ۱۵- شن ۴۵
۰/۰۰۳	۳/۱۱۶	۳۸	۶/۳۷۹۵	۱۲/۷۸۴۶±۲/۰۴۷	۲/۲۳۵۲	۱۰/۵۲۳۸	سیلت ۱۵- سیلت ۴۵
۰/۴۵۸	۰/۷۴۹	۳۸	۰/۹۴۳۶	۷/۸۶۵۶±۱/۲۶	-۱/۶۰۶۱	۳/۴۹۳۳	رس ۱۵- رس ۴۵

پیرسون استفاده شد. بر این اساس چنانچه در جدول (۳) مشاهده می شود اسیدیته خاک و درصد شن در عمق ۱۵ سانتی متری با عوامل اقلیمی و سایر خصوصیات خاک همبستگی معنی داری ندارد. کربن آلی در عمق ۱۵ سانتی متری خاک همبستگی منفی با طبقات ارتفاعی و مقادیر تبخیر و تعرق در حوزة آبخیز زیلبرچای دارد لیکن کربن آلی عمق ۴۵ سانتی متری خاک فقط با اسیدیته خاک همبستگی منفی در سطح پنج درصد دارد (جدول ۳)

از نتایج آنالیز فاکتورها مشخص شد که از میان ۱۳ عامل محیطی، تنها ۴ عامل آن در سطح یک و پنج درصد معنی دار بودند. تجزیه مقادیر کربن آلی خاک و متغیرهای محیطی با استفاده از روش PCA، ضمن ارائه یک تفسیر گرافیکی، به خوبی روابط موجود بین متغیرهای محیطی و تغییرات کربن آلی را نشان داد. مطابق با جدول (۴)، محورهای اول، دوم و سوم با مقادیر ویژه ۴/۹۸، ۳/۷۸ و ۱/۹۲ به ترتیب ۰/۳۳، ۰/۲۵ و ۰/۱۳ درصد از واریانس تغییرات همبستگی بین مقادیر کربن آلی و داده های محیطی را توجیه کردند. این نتایج نشان دهنده ارتباط قوی بین کربن آلی خاک و متغیرهای محیطی به کار گرفته شده در تجزیه PCA است.

ضرایب همبستگی هر یک از متغیرهای محیطی را نسبت به محورهای رسته بندی محاسبه شدند (جدول ۴). با در نظر

نتایج آزمون t جفتی (جدول ۱) نشان می دهد که با توجه به مقادیر Sig (2-tailed) از لحاظ آماری اختلاف معنی داری بین مقادیر کربن آلی و لای خاک در عمق های ۱۵-۰ تا ۴۵-۱۵ سانتی متری وجود دارد در حالی که بین مقادیر شن و رس دو عمق خاک اختلاف معنی داری مشاهده نشد.

جهت دامنه اثر مهمی بر تأخیر بر ذوب برف، درجه حرارت، رطوبت خاک و در نتیجه پوشش گیاهی و نوع فرسایش دارد. بنابراین در موقعیت جغرافیایی ایران که اغلب شیب های جنوب و جنوب غربی نسبت به شیب های شمال و شرقی از تابش بیشتری برخوردارند، رطوبت خاک کمتر و دمای آن بالاتر است (۲). در حوزة آبخیز زیلبرچای جهت غالب دامنه ها غربی بوده و دامنه های کمی رو به جهت شمال قرار دارند. همچنین سایر اطلاعات توصیفی عوامل مورد بررسی در جدول (۲) ذکر شده اند. Parvizi و Gorji (۲۶) کربن آلی خاک را در چهار کلاس کیفی خیلی کم یا فقیر، کم، متوسط و زیاد (به ترتیب کمتر از ۰/۶، ۰/۶-۱/۲، ۱/۲-۱/۷۵ و بیش از ۱/۷۵ درصد) برای ایران پیشنهاد می کنند. براساس طبقه بندی ذکر شده کلاس کیفی کربن آلی خاک در منطقه مورد مطالعه، جزء کلاس کم طبقه بندی می شود.

برای مطالعه روابط موجود بین عوامل مورد بررسی با توجه به مقیاس داده های اسمی، رتبه ای و کمی از ضریب همبستگی

جدول ۲. آمار توصیفی برخی عوامل محیطی و مقادیر کربن آلی خاک در حوزه آبخیز زیلبرچای

عوامل مورد بررسی	بیشینه	کمینه	اشتباه استاندارد	میانگین
جهت دامنه	غربی	شمالی	-	-
طبقات ارتفاعی	۳۱۵۰	۹۵۰	۱۰۸	۱۵۱۷
تبخیر و تعرق	۱۸۰۰	۱۰۰	۸۸/۸۰	۱۱۳۱/۸۰
دما	۱۱	۴	۰/۳۹	۹/۱۲
بارندگی	۳۷۵	۲۵۰	۷/۹۹	۳۱۸/۳۸
اسیدیته ۱۵	۸/۳۰	۷/۱۰	۰/۰۵	۷/۸۱
اسیدیته ۴۵	۸/۲۰	۷/۱۰	۰/۰۵	۷/۶۹
شن ۱۵	۸۷/۲۰	۱۵/۲۰	۳/۳۹	۵۲/۵۹
شن ۴۵	۸۲	۱۵/۲۰	۳/۱۳	۵۲/۱۸
سیلت ۱۵	۴۵/۶۰	۱۲/۸۰	۱/۴۹	۳۰/۱۳
سیلت ۴۵	۴۱/۶۰	۱۹/۴۴	۰/۹۳	۲۸/۲۶
رس ۱۵	۴۳/۶۰	۲/۴۰	۱/۹۰	۱۹/۳۰
رس ۴۵	۴۸/۸۰	۱/۴۰	۲/۱۴	۱۹/۶۰
کربن آلی ۱۵	۲/۴۲	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۸۸
کربن آلی ۴۵	۱/۲۸	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۵۱

بزرگ تر و زاویه آنها با محور کوچک تر باشد، همبستگی بین کربن آلی خاک با همان محورها بیشتر قوی تر است (۳۷).

با مشاهده سهم هر یک از مؤلفه‌ها در توجیه تغییرات (شکل ۲) می‌توان چنین بیان کرد که عوامل خاکی از قبیل درصد لای و رس در عمق ۱۵ و ۴۵ سانتی متری، تبخیر و درجه حرارت محیط از بیشترین نقش در مقادیر اندازه‌گیری شده کربن آلی خاک منطقه برخوردار هستند. همچنین از بین عوامل مورد بررسی بارندگی، ارتفاع و درصد شن خاک در هر دو عمق ۱۵ و ۴۵ سانتی متری خاک تأثیری بر مقادیر کربن آلی خاک ندارند و میزان اسیدیته خاک در عمق ۱۵ سانتی متری نیز ارتباط خیلی ناچیز با مقادیر کربن آلی را نشان می‌دهد.

مطالعات متعدد نشان داده است که در مقیاس جهانی، خاک‌های رسی مواد آلی بیشتری در مقایسه یا خاک‌های شنی دارند و معمولاً رابطه بسیار نزدیکی بین میزان کربن آلی و

گرفتن حداقل معنی‌داری در سطح خطای یک درصد، محور اول شامل متغیرهای درصد شن، درصد لای، درصد رس در دو عمق ۱۵ و ۴۵ سانتی متری خاک بود. البته دو متغیر آخر همبستگی منفی و ۶ متغیر دیگر همبستگی مثبت با اولین محور رسته‌بندی داشتند. محور دوم شامل متغیرهای جهت دامنه، طبقات ارتفاعی و بارندگی از همبستگی منفی و دما و تبخیر و تعرق از همبستگی مثبت برخوردار بود. محور سوم شامل متغیرهای درصد کربن آلی و اسیدیته خاک بوده که متغیر اول همبستگی منفی و متغیر دوم همبستگی مثبت با سومین محور رسته‌بندی نشان داد.

شکل (۲)، نمودار رسته‌بندی عوامل محیطی را بر اساس محورهای اول و دوم رسته‌بندی نشان می‌دهد. میزان فاصله نقاط معرف اجتماعات از محورهای مختصات بیانگر شدت یا ضعف رابطه است و هر چه طول بردار معرف کربن آلی خاک

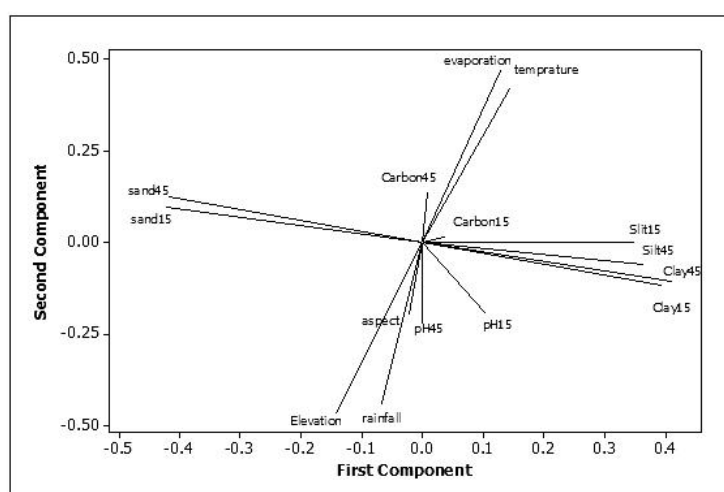
جدول ۳. ماتریس همبستگی پیرسون بین عوامل محیطی مورد بررسی در حوضه آبخیز زیلبرچای

کربن آلی	کربن آلی ۱۵	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	درصد شن	درصد شن	اسیدینه	اسیدینه	اسیدینه	بارندگی	دما	تبخیر و تعرق	طبقات ارتفاعی	جهت دامنه
۴۵	۰/۹۷**	۰/۱۳	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۳*	۰/۰۴	۰/۳۰
۱۵	۰/۰۸	۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۳*	۰/۰۴	۰/۳۰
درصد رس	۰/۰۸	۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۳*	۰/۰۴	۰/۳۰
درصد سیلت	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۳*	۰/۰۴	۰/۳۰
درصد شن	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۳*	۰/۰۴	۰/۳۰
اسیدینه	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۳*	۰/۰۴	۰/۳۰
اسیدینه	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۳*	۰/۰۴	۰/۳۰
اسیدینه	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۳*	۰/۰۴	۰/۳۰
بارندگی	۰/۲۱	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۳*	۰/۰۴	۰/۳۰
دما	۰/۲۱	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۳*	۰/۰۴	۰/۳۰
تبخیر و تعرق	۰/۳۵*	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۳*	۰/۰۴	۰/۳۰
طبقات ارتفاعی	۰/۳۰	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۳*	۰/۰۴	۰/۳۰
جهت دامنه	۰/۳۰	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۳*	۰/۰۴	۰/۳۰

**معنی داری در سطح یک درصد و * معنی داری در سطح پنج درصد

جدول ۴. نتایج آنالیز مربوط به محورهای حاصل از روش PCA

عوامل مورد بررسی	مؤلفه ۱	مؤلفه ۲	مؤلفه ۳
سیلت ۱۵	۰/۳۵	۰/۰۰	۰/۰۱
سیلت ۴۵	۰/۳۶	-۰/۰۶	۰/۱۰
رس ۱۵	۰/۳۹	-۰/۱۲	-۰/۰۹
رس ۴۵	۰/۴۱	-۰/۱۱	-۰/۱۲
شن ۱۵	-۰/۴۲	۰/۱۰	۰/۰۹
شن ۴۵	-۰/۴۲	۰/۱۳	۰/۰۳
دما	۰/۱۴	-۰/۴۲	۰/۱۵
تبخیر و تعرق	۰/۱۳	۰/۴۷	۰/۱۲
جهت دامنه	-۰/۰۲	-۰/۱۹	-۰/۱۲
طبقات ارتفاعی	-۰/۱۴	-۰/۴۶	-۰/۱۴
بارندگی	-۰/۰۷	۰/۴۴	-۰/۱۰
کربن ۱۵	۰/۰۱	۰/۱۴	-۰/۵۱
کربن ۴۵	۰/۰۴	۰/۰۲	-۰/۴۰
اسیدپته ۱۵	۰/۱۰	-۰/۱۹	۰/۴۶
اسیدپته ۴۵	۰/۰۰	-۰/۲۲	۰/۵۰
مقدار ویژه	۴/۹۸	۳/۷۸	۱/۹۲
درصد واریانس نسبی	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۱۳
درصد واریانس تجمعی	۰/۳۳	۰/۵۸	۰/۷۱



شکل ۲. نمودار بای پلات ارتباط بین متغیرها بر اساس دو مؤلفه اصلی

کاهش دما و افزایش بارندگی مقدار کربن آلی خاک افزایش می‌یابد. البته طبق نتایج تحقیقات تراک و همکاران (۸) کربن آلی خاک در مراتع آمریکا با دامنه بارندگی ۳۰ تا ۱۲۰ سانتی‌متر در سال و دامنه دمای ۴ تا ۲۳ درجه سانتی‌گراد به این نتیجه رسیدند که کربن آلی خاک با افزایش دما تا ۱۷ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌یابد و بعد از آن ثابت می‌شود. همچنین، این محققین نشان دادند که کربن آلی خاک با افزایش بارندگی تا حدود ۸۰ سانتی‌متر افزایش می‌یابد و بعد از آن ثابت می‌شود. علت افزایش کربن آلی با افزایش بارندگی تأثیر افزایش بقایای گیاهی و در نتیجه افزایش ورودی کربن آلی به خاک است و دلیل افزایش کربن آلی تا بارندگی حدود ۸۰ سانتی‌متر بالا بودن سرعت تجزیه به نسبت بارندگی بیشتر از ۸۰ سانتی‌متر است.

همچنین مقادیر کربن آلی خاک با زی توده اکوسیستم‌ها ارتباط مستقیم دارد (۳۱) به طوری که مراتع عموماً کمتر از یک درصد از کربن آلی گیاه را در زی توده هوایی ذخیره می‌کنند (۶ و ۸) در مجموع میزان کربن موجود در زی توده گیاهی مراتع نسبتاً کم است (تقریباً ۱۰ درصد) که اکثر آن در زی توده زیرزمینی نگهداری می‌شود. در اکوسیستم‌های مرتعی بیشترین ذخایر کربن آلی در ماده آلی خاک قرار دارد، که حاوی ۹۰ درصد از مجموع کربن آلی موجود در سیستم می‌باشد. بیشترین مقدار ماده آلی مراتع در سطح خاک می‌باشد و با افزایش عمق کاهش می‌یابد (۲۸ و ۳۴). این موضوع برخلاف اکوسیستم‌های جنگلی می‌باشد که مقدار قابل توجهی از کربن آلی را در زی توده هوایی ذخیره می‌کنند (۶ و ۸) بنابراین ضرورت دارد در تحقیقات آتی علاوه بر موارد انجام یافته در این تحقیق، رابطه نوع مدیریت اراضی با مقادیر کربن آلی خاک نیز بررسی شده و نتایج به صورت کامل تر ارائه شود.

نتایج این تحقیق نشان داد که در حوزة آبخیز زیلبرچای در خاک‌های تشکیل شده بر روی رسوبات ترسیر، مواد مادری آهکی کراتاسه و آبرفت‌های جوان کواترنر دو عامل اقلیمی شامل درجه حرارت و مقادیر تبخیر بر مقدار کربن آلی مؤثر می‌باشند. همچنین کربن آلی خاک در عمق ۱۵ سانتی‌متری

مقدار رس و لای وجود دارد (۲۳ و ۲۴). ذرات ریز، همزمان به دو طریق بر کربن آلی خاک مؤثر هستند. از یک سو، با افزایش رس و لای، قدرت خاک در تامین و نگهداشت عناصر غذایی بیشتر می‌شود و به عبارت دیگر، حاصلخیزی خاک افزایش پیدا می‌کند (۲۴)؛ از سوی دیگر، در زمان تشکیل خاکدانه، ذرات رس با مواد آلی کمپلکس رس-هوموس تشکیل می‌دهد و مواد آلی را در مقابل تجزیه حفاظت می‌کند (۸ و ۹). بیش از ۹۰ درصد کل کربن آلی خاک‌ها به صورت کمپلکس‌های مواد آلی و رس وجود دارد (۱۰). خاک‌های ریزبافت با تأثیر بر تجمع و الگوی معدنی شدن بر ذخیره کربن آلی خاک اثر می‌گذارند (۲۷ و ۳۳). خاک‌های غنی از ذرات ریز مکانیسم‌های فیزیکی و شیمیایی لازم برای حفاظت از کربن آلی خاک را در مقابل تجزیه میکروبی فراهم می‌کنند (۲۶ و ۲۷). درحالی‌که خاک‌های دارای بافت درشت‌تر به دلیل درصد بالای معدنی شدن و مکانیسم‌های ضعیف‌تری برای حفاظت از کربن آلی خاک برخوردارند (۳۵). دلایل فوق‌الذکر عامل اصلی افزایش کربن آلی خاک با اجزای ریز خاک است. باقری‌فام و همکاران (۲) در مطالعه‌ای در بخشی از مراتع شهرستان بجنورد به این نتیجه رسیدند که بین کربن آلی خاک و مقدار رس خاک رابطه خطی وجود دارد. با مقایسه جداول (۳) و (۴) چنین استنباط می‌شود که مقادیر کربن آلی خاک با درصد لای و رس همبستگی مثبت داشته ولی با درصد شن همبستگی منفی دارد. میزان همبستگی کربن آلی با اسیدپتة خاک رابطه‌ای معکوس از خود نشان داد، یعنی با افزایش کربن آلی مقدار اسیدپتة کاهش یافت که با یافته‌های زراعت‌پیشه و همکاران (۳) مطابقت داشت. نظریه جنی (۱۶) از بین عوامل تشکیل‌دهنده خاک، اقلیم تأثیر کاملاً مشخصی بر نوع خاک‌ها و ویژگی‌های آنها از جمله کربن آلی دارد. کربن آلی در خاک معمولاً با کاهش دما در هر شرایطی از بارندگی افزایش می‌یابد (۴ و ۳۵). طبق یافته‌های این تحقیق نیز مقادیر کربن آلی با درجه حرارت همبستگی مثبت و با بارندگی همبستگی منفی از خود نشان داد. بنابراین می‌توان گفت در حوزة آبخیز زیلبرچای نیز همانند یافته‌های سایر محققین با

خاک با دانه‌بندی خاک رابطه معنی‌داری نشان داد. به‌طوری که مقادیر کربن آلی در عمق ۱۵ سانتی‌متری با درصد سیلت و رس در هر دو عمق خاک ارتباط معنی‌دار داشت در حالی که مقادیر کربن آلی در عمق ۴۵ سانتی‌متری خاک بیشتر متاثر از عوامل اقلیمی حوزه آبخیز زیلبرچای بود. جهت دامنه و میزان اسیدیته نیز اثر بسیار تاجیزی بر مقادیر کربن آلی خاک داشتند لیکن رابطه آنها معنی‌دار نبود.

منابع مورد استفاده

۱. احمدی، ح. ۱۳۸۷. ژئومرفولوژی کاربردی، جلد ۱، انتشارات دانشگاه تهران، ۶۸۸ ص.
۲. باقری‌فام، س.، ع. کریمی، ا. لکزیان و ا. ایزانلو. ۱۳۹۲. تاثیر مدیریت اراضی بر تغییرات کربن آلی خاک، توزیع اندازه ذرات و پایداری خاکدانه‌ها در طول چند توپوسکوئنس، در مناطق نیمه‌خشک خراسان شمالی. نشریه پژوهش‌های حفاظت خاک و آب، جلد ۲۰، شماره ۴: ۵۱-۷۳.
۳. زراعت‌پیشه، م و ف. خرماالی. ۱۳۹۰. بررسی پیدایش و روند تکاملی خاک‌های تشکیل شده از لس در یک گرادیان اقلیمی، مطالعه موردی: شرق استان گلستان. نشریه پژوهش‌های حفاظت خاک و آب، جلد ۱۸(۲): ۶۴-۴۵.
۴. شکیبیا، ع و رهنما، م. ۱۳۸۲. مقابله با اثرات زیانبار تغییر اقلیم. سومین کنفرانس منطقه‌ای اقلیم، سازمان هواشناسی اصفهان، ۵۰۵ ص.
۵. گزارش طرح تفصیلی اجرایی مدیریت جامع حوزه آبخیز زیلبرچای، سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور. ۱۳۸۹. جلد ۱، ۱۴۸ ص.
۶. عبدی، ن.، ح. مداح عارفی و ق. زاهدی امیری. برآورد ظرفیت ترسیب کربن در گونزارهای استان مرکزی (مطالعه موردی: منطقه مالمیر شهرستان شازند). فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران ۱۵(۲): ۲۸۲-۲۶۹.
۷. عظیمی، ف.، ع. شکیبیا و ن. سعیدی. ۱۳۸۸. پهنه‌بندی اقلیم کشاورزی جنوب و جنوب غرب ایران با استفاده از روش تجزیه خوشه‌ای. فصلنامه جغرافیای طبیعی، ۱(۴): ۴۷-۵۸.
8. Burke, I. C., C. M. Yonker, W. J. Parton, C. V. Cole, K. Flach and D. S. Schimel. 1989. Texture, climate, and cultivation effects on soil organic matter content in U.S. Grassland Soil. *Soil Science Society Am. J.*, 53:800-805.
9. Buschiazzo, D. E., A. R. Quiroga and K. Stahr. 1991. Patterns of organic matter accumulation in soil of the Semiarid Argentinean Pampas. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 154: 437-441.
10. Crow, S. E., C. Swantson and K. Lajtha. 2007. Density fraction of forest soils: methodological question and interpretation of incubation result and turnover time in an ecosystem context. *Biogeochemistry* 85: 69-90.
11. Egli, M., G. Sartori, A. Mirabella, F. Favilli, D. Giaccai and E. Delbos. 2009. Effect of north and south exposure on organic matter in high Alpine soils. *Geoderma* 149: 124-136.
12. Eni, D. D., A. I. Iwara and R. A. Offiong. 2012. Analysis of soil-vegetation interrelationships in a south-southern secondary forest of Nigeria. *Int J. of Forestry Res. Environ.* 52 (6): 275-281
13. Gregorich, E. G., M. R. Carter, D. A. Angers, C. M. Monreal and B. H. Ellert. 1994. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Canadian J. of Soil Sci.* 79:367-385.
14. Izaurralde, R., C. J. R. Williams, W. M. Post and A. M. Thomson. 2007. Long-term modeling of soil C erosion and sequestration at the small watershed scale. *Climatic Change* 80(1-2): 73-90.
15. Jenkinson, D. S. 1965. Studies on the decomposition of plant material in soil Losses of carbon from, ¹⁴C labeled ryegrass incubated with soil in the field. *Soil Sci. J.* 16:104-115.
16. Jenny, H. 1941. Factors of soil formation. A system of quantitative pedology. McGraw-Hill, New York, NY, 281p.
17. Khoshbakht, K. 2011. Country Report: Iran. Workshop on Climate Change and its Impact on Agriculture. Seoul, Korea. Available in <http://www.adbi.org>.
18. Koptsik, S. V., G. N. Koptsik, S. Y. Livantsova, N. A. Berezina and M. G. Vakhrameeva. 2003. Analysis of the relationship between soil and vegetation in forest biogeocenoses by the principal component method. *Russian J. of Ecology* 34(1): 34-42.
19. Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma* 123: 1-22.
20. Larson, W. E. and F. J. Pierce. 1991. Conservation and enhancement of soil quality. In: Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World. IBSRAM Proceeding, 12th, Bangkok, Thailand. International Board for Soil Recreation and Management, Jatujak, Thailand, 175-203.

21. Mikutta, R., M. Kleber, M. S. Torn and R. Jhan. 2006. Stabilization of soil organic matter: association with minerals or chemical recalcitrance?. *Biogeochemistry* 77: 25-56.
22. Munoz Rojas, M., L. Doro., L. Ledda and A. Francaviglia. 2015. Application of CarboSOIL model to predict the effects of climate change on soil organic carbon stocks in agro-silvo-pastoral Mediterranean management systems. *Agric, Ecosystems & Environ* 202:8-16.
23. Neill, C., J. Melillo, P. A. Steudler, C. C. Cerri, J. F. L. Moraes, M. C. Piccolo and M. Brito. 1997. Soil carbon and nitrogen stocks following forest clearing for pasture in the southwestern Brazilian Amazon. *Ecological Application* 7: 1216-1225.
24. Oades, J. M. 1993. The role of biology on the formation, stabilization and degradation of soil structure. *Geoderma* 59: 377-400.
25. Oades, J. M., G. P. Gillman. and G. Uehara. 1989. Interactions of soil organic matter and variable charge clays. In: *Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems*. University of Hawaii Press: Honolulu. 69-95.
26. Oades, J. M. 1988. The retention of organic matter in soils. *Biogeochemistry* 5: 35-70.
27. Pandey, C. B., S. K. Chaudhari, J. C. Dagar, G. B. Singh and R. K. Singh. 2010. Soil N mineralization and microbial biomass carbon affected by different tillage levels in a hot humid tropic. *Soil and Tillage Res.* 110: 33-41.
28. Paul, E. A. and F. E. Clark. 1996. *Soil microbiology and biochemistry*, 2nd Edition. Academic press, San Diego CA.
29. Parvizi, Y. and M. Gorji. 2013. The effect of dry land management factors on soil organic carbon in the Merck basin of Kermanshah. *Land Manage. J.* 1(1): 81-89.
30. Post, W. M. 1993. Organic carbon in soil and global carbon cycle. *In: M. Heiman (Eds.), The Global Carbon Cycle. NATO ASI Series 1: Global Environmental Change.* 15: 216-302.
31. Salardini, A. 1979. *Soil and plant relationships*. Tehran University Press, 262p. (In Farsi).
32. Sariyildiz, T., J. M. Anderson and M. Kucuk. 2005. Effect of tree species and topography on soil chemistry, litter quality, and decomposition in Northeast Turkey. *Soil Biol. and Biochem.* 37: 1695-1706.
33. Schimel, D. S., B. H. Braswell, E. A. Holland, R. McKeown, D. S. Ojima, T. H. Painter, W. J. Parton and A. R. Townsend. 1994. Climatic, edaphic, and biotic controls over storage and turnover of carbon in soils. *Global Biogeochemistry Cycle* 8: 279-293.
34. Schuman G. E., H. Janzen and J. E. Herrick. 2002. Soil carbon information and potential carbon sequestration by rangelands. *Environ. Pollution* 116: 391-396.
35. Singh, S. K., C. B. Pandey, G. S. Sidhu and R. S. Dipak Sarkar. 2011. Concentration and stock of carbon in the soils affected by land uses and climates in the western Himalaya, India. *Catena* 87: 78-89.
36. Xiong, X., S. Grunwald, D. Brenton Meyres, C. Wade Ross, W. G. Harris and N. B. Comerford. 2014. Interaction effects of climate and land use/land cover change on soil organic carbon sequestration. *Sci. of the Total Environ.* 493: 974-982.
37. Zare Chahouki, M. A., L. Khalasi Ahvazi and H. Azarnivand. 2010. Environmental factors affecting ribution of vegetation communities in Iranian Rangelands. *J. of Vegetos* 23(2): 1-15.

Investigating the Effect of Some Environmental Factors on Organic Carbon in ZilberChay Watershed

L. Kashi Zenouzi^{1*}, Sh. Banej Shafiee² and A. A. Jafari³

(Received: Nov. 21-2015 ; Accepted : April. 04-2016)

Abstract

In this study the effect of temperature, evaporation or evapotranspiration, precipitation, hillside direction and altitudinal classes, texture and acidity of soil on organic carbon content in the depths of 15 and 45 cm were evaluated. Paired t-test results showed that there is a significant difference between measured parameters in two soil depths. After preparing required data and processing them, outlier's data were removed. Then, base maps for each of the information layers were prepared by Arc \ GIS9.3 software and all related information fit together by overlapping them. Pearson correlation between environmental factors and soil organic carbon values were calculated and it was found that in the depth of 15 cm, the correlation between soil organic carbon values and two environmental factors including temperature and altitude were significant at the level 0.01. As well the results of statistical analysis by using principal component analysis (PCA) method showed that the factors temperature, evaporation (1%), and silt and clay (5%) have had a significant effect on the amount of soil organic carbon. The first, second, and third axes with eigenvalues of 98/4, 78/3 and 92/1, respectively, explained the values 0.33, 0.25, and 0.13 % of correlation between organic carbon and environmental data.

Keywords: correlation coefficient, Principal component analysis, Zilberchay.

1. Res. Expert, Desert Res. Division, Res. Institute of Forests and Rangelands, Agric. Res. Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

* Corresponding Author, Email: lzenouzi@yahoo.com