نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 30، شماره 6، بهمن – اسفند 1395، ص. 1977-1964

Journal of Water and Soil
Vol. 30, No. 6, Jan.-Feb. 2017, p. 1964-1977

تأثیر پوشش‌های گیاهی و مدیریت زمین بر بخش‌های کربن آلی خاک در حوضه گنبد، همدان

خدیجه سالاری نیک[1]- محسن نائل[2*]- قاسم اسدیان[3]- علی اکبر صفری سنجانی[4]

تاریخ دریافت: 1393/08/03
تاریخ پذیرش: 1395/05/13

چکیده

کربن آلی خاک در اثر فرآیندهای چرخه‌ای نظیر ورود بقایای گیاهی و نوع پوشش گیاهی مستقر در آن دائماً در تغییر است. به منظور بررسی تأثیر پوشش‌های گیاهی مختلف بر بخش‌های کربن آلی خاک، پنج تیپ گیاهی مرتعی شامل گندمیان، گون-بروموس، گون-جارو، گون-درمنه و گون-فرفیون در زیرحوضه‌های شاهد و حفاظت شده‌ی حوضه گنبد، و یک تیپ زراعی (گندم دیم)، در شرایط محیطی مشابه از نظر اقلیم کلان، مواد مادری و جهت شیب در همدان مطالعه شد. کربن آلی کل، ذخیره کربن، ذخیره کربن اصلاح شده با شن، کربن فعال، کربن فعال اصلاح شده با کربن، کربوهیدرات، کربوهیدرات اصلاح شده با کربن، تنفس پایه و تنفس پایه اصلاح شده با کربن در دو فصل پاییز و بهار در لایه خاک سطحی (15-0 سانتی‌متر) اندازه‌گیری شد. کربن آلی، ذخیره کربن، کربوهیدرات و تنفس پایه در تیپ‌های گون-بروموس و گون-درمنه به طور معنی‌داری بیشتر از دیگر تیپ‌ها بودند و کمترین مقدار این شاخص‌ها در تیپ‌های گندمیان و گندم دیم مشاهده شد. بیشترین و کمترین مقدار کربن فعال به ترتیب در تیپ گون-بروموس و تیپ گندم دیم (به ترتیب 711/7 و 262/6 میلی‌گرم بر کیلوگرم) مشاهده شد. کربوهیدرات اصلاح شده در تیپ گون-فرفیون به طور معنی‌داری کمتر از همه تیپ‌ها بود. اثر فصل بر تمام شاخص‌ها، به غیر از کربن فعال اصلاح شده، کربوهیدرات و تنفس پایه معنی‌دار بود. مقدار کربوهیدرات اصلاح شده بر خلاف دیگر شاخص‌ها، به طور معنی‌داری در فصل پاییز بیشتر از فصل بهار بود. در کل، نوع پوشش گیاهی و مدیریت زمین بیشترین تأثیر را بر شاخص‌های ذخیره کربن، کربن فعال و کربوهیدرات نشان داد.

واژه‌های کلیدی: تنفس پایه، تیپ گیاهی، کربن فعال، کربوهیدرات، کیفیت خاک

مقدمه

آگاهی از چگونگی کیفیت خاک در عرصه‌های کشاورزی و منابع طبیعی برای مدیریت بهینه زمین‌ها و رسیدن به حداکثر بهره‌وری اقتصادی ضروری است. در کشورهای در حال توسعه به علت آسیب‌پذیری خاک‌های کشاورزی از دیدگاه زیست محیطی، توجه به کیفیت خاک دارای اهمیت اقتصادی است (55).

مفهوم کیفیت خاک بر دو امر آموزش و ارزیابی که هر دو از مسائل اساسی علم خاک شناسی نوین است تأکید دارد. برای ارزیابی کیفیت خاک از خصوصیاتی تحت عنوان "شاخص" بهره‌گیری می‌شود. شاخص‌های کیفیت خاک در واقع شامل فرآیندها و ویژگی-هایی از خاک هستند که به تغییر کاربری خاک حساس می‌باشند (6 و 19).

کربن آلی خاک از مهم‌ترین و کلیدی‌ترین عوامل مؤثر بر کیفیت خاک بوده و نسبت به مدیریت‌های مختلف کشاورزی واکنش نشان می‌دهد (30). مواد آلی خاک یک دامنه گسترده از مواد با تجزیه-پذیری بالا تا مواد آلی بسیار پایدار را شامل می‌شود. وابستگی بین میزان تولید محصول با مقدار کربن آلی خاک نیز توسط پژوهشگران به اثبات رسیده است (25). با این وجود کربن آلی به تنهایی نمی‌تواند به عنوان شاخصی با واکنش‌پذیری سریع در برابر عملیات مدیریتی مطرح شود (47).

کربن فعال یک شاخص از مواد آلی خاک است که بیانگر منبع کربن و انرژی قابل فراهم برای جامعه میکروبی است. کربن فعال همبستگی مثبت با درصد ماده آلی، پایداری خاک‌دانه و فعالیت زیستی همچون میزان تنفس دارد (54).

کربوهیدرات‌ها 25-5 درصد مواد آلی خاک را شامل می‌شود و بخش مهمی از بخش پویای مواد آلی خاک هستند. حدود 70-50 درصد وزن خشک بیشتر بافت‌های گیاهی از کربوهیدرات تشکیل

1، 2 و 4- به ترتیب دانشجوی دکتری، استادیار و استاد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان
(*- نویسنده مسئول: (Email: moh_nael@yahoo.com
3- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان
DOI: 10.22067/jsw.v30i6.38407

می‌شود، بنابراین این ترکیبات بیشتر از طریق مانده‌های گیاهی به خاک افزوده می‌شوند. کربوهیدرات‌ها اجزاء مهم ریزجانداران هستند که هم در جزء ساختاری و هم به عنوان ترکیبات داخل و خارج سلولی حضور دارند. کربوهیدرات‌ها برای ریزجانداران خاک به عنوان منبع انرژی و ریزمغذی به کار می‌روند (2 و 18) و نقش کلیدی در تشکیل و پایداری خاک‌دانه‌های خاک دارند (18 و 51). فعالیت میکروبی خاک (تنفس میکروبی) نیز نقشی کلیدی در تجزیه مواد آلی بومی و همچنین مانده‌های افزوده شده به سطح خاک دارد (42). از سوی دیگر، تنفس خاک یکی از عوامل مؤثر در تغییرات جهانی اقلیم و برون‌داد دی اکسید کربن به اتمسفر تلقی می‌گردد (31).

تفاوت در عملیات مدیریتی اغلب بر ویژگی‌های پویایِ فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک تأثیر می‌گذارد (8). سیستم‌های مدیریتی و کاربری‌های نامناسب سبب فرسایش، از دست رفتن مواد آلی و عناصر غذایی و نهایتاً تخریب و از دست رفتن حاصلخیزی خاک می‌شود (43). تغییر کاربری زمین‌های مرتعی به زمین‌های کشاورزی باعث کاهش مواد آلی خاک و در نتیجه تخریب خاک می‌گردد (52).

نوع مدیریت و نیز شرایط محیطی و خاکی حاکم بر اکوسیستم‌های مرتعی باعث استقرار گونه ها و جوامع مختلف گیاهی می‌شود. این جوامع گیاهی به نوبه خود اثرات متفاوتی بر کربن آلی خاک و بخش‌های مختلف آن اعمال می‌کنند. به همین دلیل در بررسی حاضر، تأثیر پوشش‌های گیاهی مختلف، که تحت تأثیر مدیریت‌های مختلف چرا (شامل چرای کنترل شده و چرای آزاد) و یا تغییر کاربری زمین استقرار یافته‌اند، بر بخش‌های کربن آلی خاک در حوضه مطالعاتی زوجی گنبد در شهر همدان مورد مطالعه قرار گرفت. بعلاوه، بررسی تغییرات فصلی این ویژگی ها نیز از اهداف دیگر این تحقیق بوده است.

مواد و روش‌ها

حوضه آبخیز دوگانه گنبد با مجموع مساحتی نزدیک به 290 هکتار، میان طول جغرافیایی "5 ′41 °48 تا "17 ′42 °48 درجه شرقی و عرض جغرافیایی "16 ′41 °34 تا"31 ′42 °34 شمالی در 28 کیلومتری جنوب شرقی همدان قرار دارد. این حوضه آبخیز پژوهشی بوده و دارای دو زیرحوضه شاهد و حفاظت شده است که در زیرحوضه شاهد، ورود و خروج دام در سراسر فصل چرا آزاد بوده و در زیرحوضه حفاظت شده از سال 1381، گونه‌ای از مدیریت چرای دیررس انجام می‌شود. به طوری که از میانه مهرماه یعنی پس از رسیدن و پخش شدن بذرها، در پایان فصل رشد و تنها برای زمان کوتاهی نزدیک یک ماه، دام‌ها برای چرا به حوضه می‌روند. میانگین بارش سالانه منطقه 304/42 میلی‌متر و میانگین سالانه دمای منطقه 9/5 درجه سانتی‌گراد است (5). خاک این حوضه در زیرگروه‌های *Typic Calcixerepts*، *Typic Haploxerepts* و *Lithic Xerorthents* طبقه‌بندی شده است (9).

برای بررسی تأثیر نوع پوشش گیاهی بر کیفیت، خاک 5 تیپ مرتعی انتخاب شد که از این بین 4 تیپ در زیرحوضه حفاظت شده قرار دارد. تیپ‌های مرتعی شامل: 1- تیپ گندمیان (G): شامل گیاهان *Agropyron desertrum* و *Agropyron elongatum*، 2- تیپ گون-برومووس (A-B)، 3- تیپ گون-درمنه (A-A)، 4- تیپ گون-جارو (A-L)، و 5- تیپ گون-فرفیون (A-E)، که تیپ اخیر در زیرحوضه شاهد قرار دارد. به‌علاوه در عرصه مرتعی خارج از حوضه تحقیقاتی گنبد، که از نظر کلیه شرایط محیطی مشابه 5 تیپ مرتعی یاد شده بود، یک مزرعه تحت کشت گندم دیم (RW) انتخاب شد. همه تیپ‌ها در جهت شمال شرقی قرار داشتند. ویژگی‌های گیاهی تیپ‌های گیاهی منتخب در جدول 1 ارائه شده است.

نمونه‌برداری از خاک در دو فصل پاییز (a) و بهار (s) انجام شد. نمونه‌برداری پاییزه در آبان ماه 1391 و نمونه‌برداری بهاره در اوایل خرداد ماه 1392 انجام شد. در هر تیپ، سه قاب با ابعاد 1×1 متر مربع به فاصله 50-40 متر از یکدیگر مطالعه شد. ابتدا درصد پوشش سنگ و سنگریزه (ذرات با قطر بزرگتر از 2 سانتی‌متر)، پوشش گیاهی، لاشبرگ و خاک لخت در هر قاب تعیین و سپس تاج پوشش سطح برداشت (گیاهان یک‌ساله از یک سانتی‌متری سطح زمین، گیاهان پهن‌برگ و گندمیان چندساله از پنج سانتی‌متری سطح زمین، و برای گیاهان بوته‌ای رشد سال جاری)، به آزمایشگاه منتقل، خشک شده، و برای تعیین تولید سالانه وزن شد. برای اندازه‌گیری تنوع گونه‌ای از شاخص‌های سیمپسون (1949) و شانون-وینر (1949) استفاده شد.

شاخص سیمپسون $\gamma = \sum_{i=1}^{s} p_i^2$

شاخص شانون-وینر $H' = \sum_{i=1}^{s} p_i \ln p_i$

که در آن‌ها γ و H' مقدار شاخص، s تعداد کل گونه‌ها و p_i نسبتی از کل افراد موجود در نمونه است که متعلق به گونه i باشد.

در هر قاب از سه نقطه به صورت تصادفی، نمونه خاک از لایه‌ی 15-0 سانتی‌متری برداشت شد. ابتدا نمونه‌های خاک به آزمایشگاه منتقل شد و پس از هوا خشک شدن و کوبیده شدن، از الک 2 میلی‌متری عبور داده شد.

مقدار کل کربن آلی خاک به روش اکسایش تر (53) اندازه‌گیری شد. مقادیر کربن ذخیره شده در واحد خاک (CS) و کربن ذخیره شده در واحد رس و سیلت (CS/Sa) با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شد.

$$CS\ (Mg/ha) = C(\%) \times \text{bulk density}(Mg/m^3) \times \text{depth}(m)$$

$$CS/Sa\ (Mg/ha) = C(\%) \times \text{bulk density}(Mg/m^3) \times \text{depth}\ (m) \times \text{sand correction factor}$$

تنفس پایه بر پایه روش آیزرمایر (28) تعیین شد. برای

اندازه‌گیری کربن فعال از محلول 0/02 مولار پرمنگنات پتاسیم (54) و برای اندازه‌گیری کربوهیدرات از روش حمام بخار و فنل- اسیدسولفوریک (20) استفاده شد. این پژوهش در قالب طرح فاکتوریل با دو فاکتور تیپ گیاهی (6 سطح) و زمان (2 سطح) در سه واحد آزمایشی و با سه نمونه در واحد آزمایشی انجام شد. قبل از انجام تجزیه آماری، داده‌ها نرمال شدند. آزمون میانگین هر یک از ویژگی‌های یاد شده به روش دانکن در سطح 5 درصد انجام شد.

نتایج و بحث

برخی ویژگی‌های گیاهی، پوشش سطحی و خاک در تیمارها و تیپ‌های گیاهی مختلف در جدول 1 و 2 آمده است. مقدار پوشش گیاهی در بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری در سطح آماری 0/001 داشت. و در تیمارهای $A\text{-}A_s$ و $A\text{-}B_s$ به طور معنی‌داری بیشتر از دیگر تیمارها بود. تیپ‌های گون-درمنه و گون-بروموس در زیرحوضه حفاظت شده قرار دارند و به دلیل اعمال چرای تأخیری و دسترسی کمتر دام به این نقاط، مقدار پوشش گیاهی این تیپ‌ها در فصل بهار بیشتر است. تیمارهای $A\text{-}E_a$، $A\text{-}E_s$ ، $A\text{-}L_a$، G_a، G_s و $A\text{-}L_s$ از نظر تاج پوشش گیاهی تفاوت آماری معنی‌داری با هم نداشتند (جدول 1).

مقدار تنوع گونه‌ای و لاشبرگ در تیپ گون- بروموس بیشتر از دیگر تیپ‌ها است (جدول 1 و 2). تیپ گون-فرفیون بیشترین مقدار رس را نسبت به دیگر تیپ‌ها داشت. بافت خاک در بین تیپ‌های گیاهی از رسی تا لوم تغییر پیدا کرده است. مقدار پی‌اچ خاک از 7/79 در تیپ گون-درمنه تا 8/2 در تیپ گندم دیم متغیر می‌باشد (جدول 1).

بررسی پیامد تیپ گیاهی و فصل بر بخش‌های کربن خاک

مقادیر همه شاخص‌های مورد مطالعه در بین تیمارها تفاوت معنی‌دار داشت. مقدار کل کربن آلی، نگهداشت کربن، ذخیره کربن اصلاح شده با شن، کربن فعال و کربوهیدرات در تیمارهای $A\text{-}B_s$ و $A\text{-}A_s$ به طور معنی‌داری بیشتر از دیگر تیمارها بود (جدول 3). تیمار RW_a کمترین مقدار این شاخص‌ها را در بین تیمارها داشت (جدول 3). در تیمارهای $A\text{-}A_s$ و $A\text{-}B_s$ مقدار پوشش گیاهی، لاشبرگ و ماده آلی بالا و وزن مخصوص ظاهری کم است (30). بیشتر بودن این شاخص‌ها در این تیمارها به علت وجود بقایا و تجزیه کمتر (44 و 45) و انتشار CO_2 کمتر به اتمسفر می‌باشد (3). کمترین مقدار کربوهیدرات اصلاح شده با کربن در تیمار $A\text{-}E_a$ مشاهده شد (جدول 3) در حالی که این تیپ به علت بافت ریز، ذخیره کربن آلی بالایی دارد. یادآور شود که کربوهیدرات جزء بخش ناپایدار مواد آلی است، در حالی که بخش ذخیره شده جزء بخش پایدار است.

مقدار کربن فعال اصلاح شده با کربن و کربوهیدرات اصلاح شده با کربن در تیمارهای $A\text{-}L_a$، $A\text{-}B_a$، G_s، $A\text{-}L_s$، $A\text{-}A_a$ و $A\text{-}B_s$ تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند و به طور معنی‌داری بیشتر از دیگر تیمارها بودند (جدول 3). تیپ‌های گون-جارو، گون-بروموس و گندمیان دارای پوشش گیاهی علفی با کیفیت بالا هستند، بنابراین در هر دو فصل مقدار کربن فعال اصلاح شده و کربوهیدرات اصلاح شده بیشتری نسبت به سایر تیمارها دارند و تیمار $A\text{-}A_a$ به علت لاشبرگ و ذخیره ماده آلی بالا و از طرف دیگر تجزیه پذیری کم در فصل پاییز، دارای کربن فعال اصلاح شده و کربوهیدرات اصلاح شده زیادی است. مقدار کربن فعال اصلاح شده با کربن و تنفس پایه اصلاح شده با کربن در تیمارهای $A\text{-}E_a$ و RW_a کمتر از همه تیمارها بود و تفاوت معنی‌داری با تیمارهای $A\text{-}A_s$، $A\text{-}E_s$، RW_s و G_a نداشت (جدول 3).

جدول 1- مقایسه برخی ویژگی‌های خاک و پوشش سطحی در شش تیپ گیاهی

Table 1- Comparison of selected soil properties and surface cover in six vegetation types

تیپ‌های گیاهی Vegetation types	مواد مادری Parent material	پی‌اچ pH	جهت شیب Aspect	شیب Slope	سنگریزه Gravel	رس Clay	سیلت Silt	شن Sand	لاشبرگ Litter	تنوع گونه‌های گیاهی Species Diversity	
				(%)						Shannon -Wiener	Simpson
RW	شیست‌های	8.2^{a}	58.3NE	15.3	34.4^{b}	26.7^{c}	36.4^{a}	36.9^{a}	3.3^{bc}	-	-
G	سیاه و	8^{abc}	45.0NE	13	34.7^{b}	32.7^{bc}	24.9^{a}	4.03^{a}	9.1^{ab}	0.598	0.242
A-E	خاکستری	8.1^{ab}	241.0 N	32	49.4^{a}	51.5^{a}	18.7^{a}	29.9^{a}	1.8^{c}	2.246	0.75
A-L	Black	7.97^{abc}	53.3NE	17.3	31.4^{b}	42.5^{ab}	24.1^{a}	33.4^{a}	2.5^{c}	2.241	0.752
A-B	and grey schists	7.86^{bc}	355.7N	29.8	36.7^{b}	30.9^{bc}	39.7^{a}	31.6^{a}	14.2^{a}	2.645	0.769
A-A		7.79^{c}	2.0N	43.3	35.7^{b}	31.9^{bc}	22.0^{a}	46.1^{a}	4.0^{bc}	1.922	0.586

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($P<0.05$) نمی‌باشند

Numbers followed by the same letter are not significantly different ($P<0.05$)

جدول 2- مقایسه ویژگی‌های گیاهی و پوشش سطحی انتخابی در تیمارهای مختلف

Table 2- Comparison of selected vegetation characteristics and surface cover in different treatments

	(%)			Canopy (%)						
	خاک لخت Bare soil	سنگریزه سطحی Surface stones	لاشبرگ Litter	پهن برگان چندساله Perennial Forb	پهن برگان یک‌ساله Annual Forb	گندمیان چندساله Perennial Grass	گندمیان یک‌ساله Annual Grass	بوته‌ای Shrub	کل Total	تولید سالانه Production (g/m^2)
RW_s	95.5^{a}	0.5^{a}	^{0}	-	-	-	-	-	-	-
RW_a	92.6^{ab}	0.4^{a}	6.7^{bc}	-	-	-	-	-	-	-
G_s	58.8^{cd}	8.3^{a}	2.8^{c}	10.3^{a}	3.3^{ab}	0.6^{b}	5^{bcde}	10.7^{bcde}	30^{d}	-
G_a	51.3^{cde}	5.4^{a}	15.3^{a}	11.9^{a}	0	0.3^{b}	0.2^{de}	0.9^{e}	28^{d}	17.76^{c}
$A\text{-}E_s$	65.5^{bc}	9.7^{a}	1.5^{c}	3.3^{a}	1.3^{bc}	4.7^{b}	6^{bcde}	5.3^{de}	22.8^{de}	-
$A\text{-}E_a$	65.8^{bc}	10^{a}	2.2^{c}	5^{a}	0	7.3^{b}	1^{de}	9.4^{cde}	22.7^{de}	49.4^{bc}
$A\text{-}L_s$	54.2^{cd}	12^{a}	1.8^{c}	3.7^{a}	0	1.7^{b}	14.7^{a}	10.7^{bcde}	32^{d}	-
$A\text{-}L_a$	52.2^{cd}	20.2^{a}	3.2^{c}	5.3^{a}	0	0	5.8^{bcde}	13^{abcde}	24.5^{d}	45^{bc}
$A\text{-}B_s$	19.7^{ef}	1.3^{a}	12.3^{ab}	7^{a}	0	28.3^{a}	11.3^{ab}	24^{abc}	66.7^{ab}	-
$A\text{-}B_a$	26.1^{edf}	1.8^{a}	16^{a}	14^{a}	0.7^{bc}	13^{b}	10.8^{abc}	18.3^{abcd}	56.2^{bc}	81.8^{ab}
$A\text{-}A_s$	13^{f}	2.7^{a}	3^{c}	0	0	39^{a}	8.7^{abcd}	29.3a	81.3^{a}	-
$A\text{-}A_a$	35.7^{cdef}	16^{a}	5^{bc}	3.7^{a}	4.3^{a}	9.3^{b}	2.7^{cde}	27.7^{ab}	41.3^{cd}	106.3^{a}

RW_s=گندم دیم، بهار؛ RW_a= گندم دیم، پاییز؛ G_s= گندمیان، بهار؛ G_a= گندمیان، پاییز؛ $A\text{-}E_s$= گون-فرفیون، بهار؛ $A\text{-}E_a$= گون-فرفیون، پاییز؛ $A\text{-}L_s$= گون-جارو، بهار؛ $A\text{-}L_a$= گون-جارو، پاییز؛ $A\text{-}B_s$= گون-بروموس، بهار؛ $A\text{-}B_a$= گون-بروموس، پاییز؛ $A\text{-}A_s$= گون-درمنه، بهار؛ $A\text{-}A_a$= گون-درمنه، پاییز. اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($P<0.05$) نمی‌باشند

RW_s= Rainfed Wheat, spring; RW_a=Rainfed Wheat, autumn G_s=Grasses, spring; G_a=Grasses, autumn; $A\text{-}E_s$= Astragallus–Euphorbia, spring; $A\text{-}E_a$=Astragallus–Euphorbia, autumn; $A\text{-}L_s$= Astragallus–lactuca, sprin ; $A\text{-}L_a$=Astragallus–lactuca, autumn; $A\text{-}B_s$= Astragallus–Bromus, spring; $A\text{-}B_a$= Astragallus–Bromus, autumn; $A\text{-}A_s$= Astragallus–Artemisi, spring; $A\text{-}A_a$= Astragallus–Artemisi, autumn. Numbers followed by the same letter are not significantly different ($P<0.05$)

مقدار تنفس پایه در تیمارهای $A\text{-}A_a$، $A\text{-}B_a$، $A\text{-}B_s$ و $A\text{-}A_s$ تفاوت معنی‌داری نداشت. این شاخص در تیمارهای $A\text{-}A_a$ و $A\text{-}B_a$ به طور معنی‌داری بیشتر از دیگر تیمارها بود (جدول 3). در فصل پاییز به علت دمای کم، تجزیه ماده آلی کم است در نتیجه مواد با تجزیه پذیری بالا، زیاد است. مقدار تنفس پایه در تیمارهای RW_s، RW_a، $A\text{-}E_s$، $A\text{-}E_a$ و G_s به طور معنی‌داری کمتر از دیگر تیمارها بود (جدول 3)؛ در این تیمارها مقدار لاشبرگ و ماده آلی کم است از طرف دیگر بافت خاک در تیپ گندم دیم و گون-فرفیون ریز است و باز چرخش مواد آلی و فعالیت میکروبی در خاک‌های با بافت ریز کمتر از خاک‌های با بافت درشت است (36 و 33).

مقدار کربن آلی و نگهداشت کربن تیپ‌های گون-بروموس و گون-درمنه تفاوت آماری معنی‌داری با هم نداشتند و کربن آلی بیشتری نسبت به دیگر تیپ‌ها دارا بودند. تیپ‌های گندم دیم و گندمیان تفاوت آماری معنی‌داری با یکدیگر نداشتند و مقدار کربن آلی کمتری نسبت به دیگر تیپ‌های گیاهی داشتند (شکل 1). تیپ‌های گون-بروموس و گون-درمنه دارای پوشش گیاهی، لاشبرگ و تنوع گونه‌ای بیشتری نسبت به دیگر تیپ‌های گیاهی بودند (جدول 1 و 2)؛ با افزایش تنوع گونه‌ای مرتع، مقدار تولید علوفه و کربن آلی خاک افزایش می‌یابد (21 و 22). از طرف دیگر این تیپ‌ها در زیرحوضه حفاظت شده قرار داشتند که در آن چرای تأخیری و مدیریت شده انجام می‌شود. در بسیاری از چراگاه‌ها، تولید زی‌توده در واکنش به چرای تناوبی با مدیریت شایسته افزایش یافته و مواد آلی وارد شده به خاک چراگاه بیشتر می‌شود (35). در حقیقت چرای کنترل شده از راه تحریک رشد گیاه، و مخلوط شدن گیاهان خشک شده با خاک برای تولید گیاهی سودمند می‌باشد (14) و کربن اندوزی خاک را افزایش می‌دهد (46). ذخیره کربن آلی بالاتر بستگی به ماندگاری مواد آلی دارد که در گونه‌های بوته‌ای بیشتر از گونه‌های گندمیان است. تفاوت در مقدار کربن آلی به علت تفاوت در مواد آلی مقاوم به تجزیه و تفاوت در جامعه میکروبی پوشش‌های گیاهی مختلف می‌باشد (39). مقادیر کربن آلی خاک بیشتر برای کهور و کرئوزوت وابسته به مقدار مواد آلی وارد شده به خاک و نیز کیفیت مانده‌های گیاهی دارد که خود وابسته به چوبی و خشبی بودن مواد گیاهی گونه بوته‌ای دارد (27 و 34). در تیپ گندم دیم به علت عدم دریافت کود آلی، اعمال مدیریت زراعی تک محصولی برای طولانی مدت و چرای بقایا بعد از برداشت محصول، ورودی بقایای گیاهی و یا به عبارتی کربن آلی، کم و از طرف دیگر به علت عملیات خاکورزی و شخم خروج کربن آلی از

خاک زیاد، در نتیجه دارای کربن آلی کم می‌باشد (17). اسپان و جیانی (49) در مطالعه‌ای مشاهده کردند که مقدار کربن آلی کل با تغییر مرتع به زراعت طی 110 سال، از 95/3 به 14/7 (g/kg) کاهش یافت. گرندی و همکاران (23) دریافتند که کربن آلی کل به ترتیب در جنگل و مرتع بیشترین و در زمین کشاورزی کمترین است.

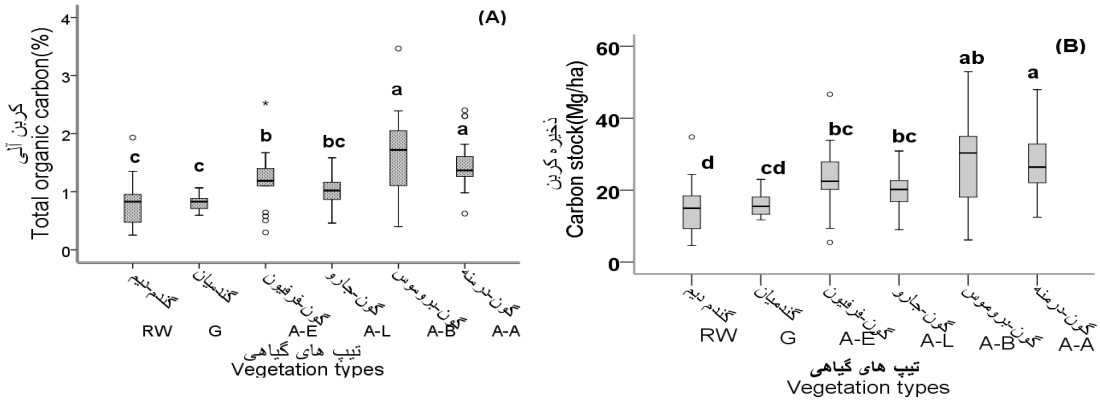
جدول 3- مقایسه میانگین شاخص‌های کیفیت خاک برگزیده بین تیمارها بر اساس داده‌های تبدیل شده

Table 3- Comparison of soil quality indicators between treatments according to normalized data

تیمار Treatment	کربن آلی کل Total organic carbon	ذخیره کربن Carbon stock	ذخیره کربن اصلاح شده Normalized carbon Stock	کربن فعال Active carbon	کربن فعال اصلاح شده Normalized active Carbon	کربوهیدرات Carbohydrate	کربوهیدرات اصلاح شده Normalized carbohydrate	تنفس پایه Basal respiration	تنفس پایه اصلاح شده Normalized basal respiration
	(%)	(Mg/ha× d_{15cm})	(Mg/ha× d_{15cm})	(mg/kg_{soil})	(mg/gC)	(mg/kg_{soil})	(mg/ gC)	(mg/d.g_{soil})	(mg/d. gC)
RW_s	0.27^{cdef}	1.20^{bcd}	6.61^{def}	16.16^{e}	1.5^{cd}	3.2^{f}	2.27^{e}	0.74^{c}	0.69^{a}
RW_a	0.22^{f}	1.04^{d}	5.82^{f}	16.22^{e}	1.48^{d}	3.34^{ef}	2.57^{abc}	0.73^{c}	0.06^{d}
G_s	0.24^{ef}	1.15^{cd}	6.10^{ef}	19.55^{d}	1.72^{ab}	3.35^{ef}	2.49^{abcd}	0.74^{c}	0.698^{a}
G_a	0.27^{cdef}	1.23^{bcd}	6.68^{cdef}	19^{d}	1.61^{bcd}	3.28^{ef}	2.34^{de}	0.75^{bc}	0.12^{cd}
A-E_s	0.36^{bc}	1.40^{ab}	9.31^{ab}	20.82^{cd}	1.35^{cd}	3.2^{f}	2.1^{f}	0.74^{c}	0.53^{b}
A-E_a	0.29^{cdef}	1.23^{bcd}	7.90^{bcde}	18.7^{d}	1.47^{d}	3.38^{de}	2.4^{bcde}	0.73^{c}	0.07^{d}
A-L_s	0.32^{cde}	1.33^{abc}	8.13^{abcd}	22.99^{bc}	1.68^{ab}	3.6^{bc}	2.6^{b}	0.75^{bc}	0.7^{a}
A-L_a	0.28^{cdef}	1.24^{bc}	7.38^{bcdef}	22.6^{bc}	1.76^{a}	3.5^{cd}	2.5^{bcde}	0.75^{bc}	0.13^{cd}
A-B_s	0.47^{a}	1.50^{a}	10.16^{a}	28.3^{a}	1.62^{abc}	3.8^{a}	2.5^{bcde}	0.78^{ab}	0.74^{a}
A-B_a	0.33^{cd}	1.25^{bc}	7.78^{bcdef}	24.8^{b}	1.76^{a}	3.6^{bc}	2.4^{bcde}	0.79^{a}	0.22^{c}
A-A_s	0.44^{ab}	1.52^{a}	8.66^{abc}	23.2^{bc}	1.5^{cd}	3.65^{bc}	2.4^{bcde}	0.78^{ab}	0.75^{a}
A-A_a	0.35^{cd}	1.36^{ab}	7.22^{cdef}	23.9^{b}	1.63^{abc}	3.75^{ab}	2.7^{a}	0.79^{a}	0.22^{c}

RW_s=گندم دیم، بهار؛ RW_a= گندم دیم، پاییز؛ G_s= گندمیان، بهار؛ G_a= گندمیان، پاییز؛ A-E_s= گون-فرفیون، بهار؛ A-E_a= گون-فرفیون، پاییز؛ A-L_s= گون-جارو، بهار؛ A-L_a= گون-جارو، پاییز؛ A-B_s= گون-بروموس، بهار؛ A-B_a= گون-بروموس، پاییز؛ A-A_s= گون-درمنه، بهار؛ A-A_a= گون-درمنه، پاییز. اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($P<0.05$) نمی‌باشند

RW_s= Rainfed Wheat, spring; RW_a=Rainfed Wheat, autumn G_s=Grasses, spring; G_a=Grasses, autumn; A-E_s= Astragallus–Euphorbia, spring; A-E_a=Astragallus–Euphorbia, autumn; A-L_s= Astragallus–lactuca, sprin ; A-L_a=Astragallus–lactuca, autumn; A-B_s= Astragallus–Bromus, spring; A-B_a= Astragallus–Bromus, autumn; A-A_s= Astragallus–Artemisi, spring; A-A_a= Astragallus–Artemisi, autumn. Numbers followed by the same letter are not significantly different ($P<0.05$)

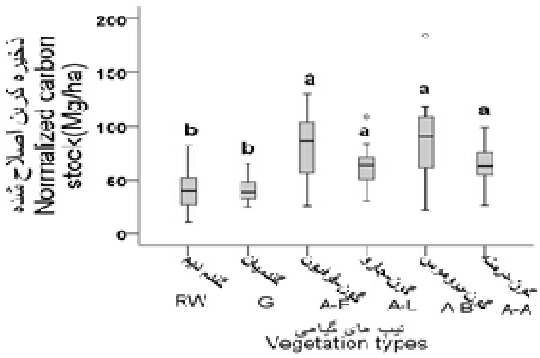


شکل 1- تأثیر تیپ گیاهی بر کربن آلی کل (A) و ذخیره کربن (B)

Figure 1- The effect of vegetation type on total organic carbon (A) and carbon stock (B)

مقدار کربن ذخیره شده‌ی اصلاح شده با شن در تیپ‌های گیاهی تفاوت آماری معنی‌داری در سطح 0/001 نشان داد. تیپ‌های گون-بروموس، گون-فرفیون، گون-درمنه و گون-جارو تفاوت آماری معنی‌داری در مقدار کربن ذخیره شده با هم نداشتند ولی به طور

معنی‌داری بیشتر از تیپ‌های گندمیان و گندم دیم بودند (شکل 2). این نتایج همسو با یافته‌های عبدی (1) است، این محقق نشان داد که در مراتع گون‌زار با افزایش درصد سنگ و سنگریزه و شن در بافت خاک، کربن‌اندوزی افزایش یافت و این موضوع را به سازگاری بالای گون‌ها در خاک‌های واریزه‌ای و سبک نسبت داد. بالداک و ادز (10) معتقدند، تجمع کربن آلی خاک به مقدار هوموس، سطح تاج پوشش و نوع گونه‌های موجود بستگی دارد.

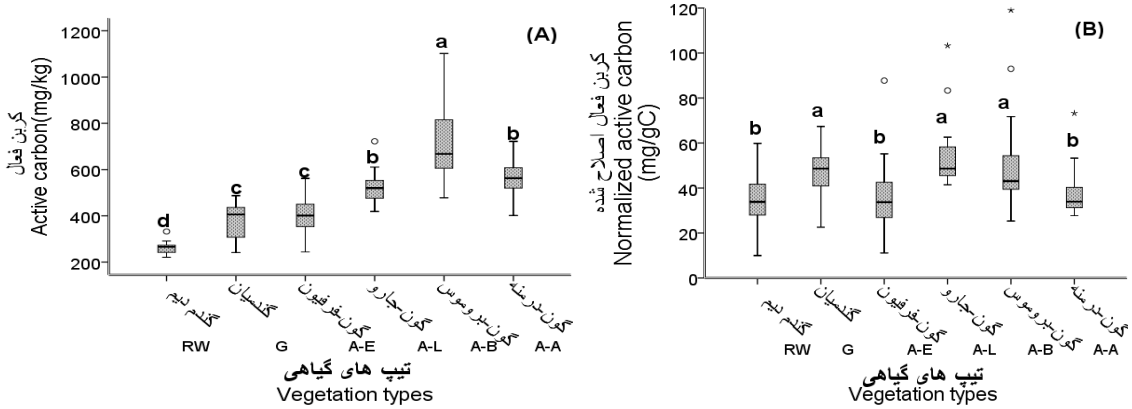


شکل 2- تأثیر تیپ گیاهی بر ذخیره کربن اصلاح شده

Figure 2- The effect of vegetation type on normalized carbon stock

مقدار کربن فعال در تیپ گون-بروموس به طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیپ‌ها و در تیپ گندم دیم کمتر از دیگر تیپ‌ها است (شکل 3). در تیپ گون-بروموس حضور گونه‌های علفی بسیار قابل توجه است و بقایای حاصل از این گونه‌ها، کیفیت بالایی دارند به این معنی که ترکیبات آلی پویا و ناپایدار آن‌ها بالاست. از طرف دیگر، مقدار مواد آلی در این تیپ گیاهی بالا است، در نتیجه مقدار کربن فعال در این پوشش بالاست. تحقیقات نشان داده است که مقدار کربن فعال در مناطق با ذخیره کربن آلی بالا، بیشتر است (38). در تیپ گندم دیم به علت ماده آلی کم و از طرف دیگر وجود بقایای با C/N بالا، کربن فعال کمتری نسبت به دیگر تیپ‌ها مشاهده شد. کربن فعال در دو تیپ گون-درمنه و گون-جارو به طور معنی‌داری بیشتر از دو تیپ گون-فرفیون و گندمیان است (شکل 3). این نتایج با نظر ویل و همکاران (54) هماهنگی دارد، کسی که کربن فعال را به عنوان شاخصی از تخریب اولیه خاک و تغییر در عملیات مدیریتی پیشنهاد کرد. این محققین بیان کردند که این ترکیبات تحت عنوان بخش پویا هستند و تا حد زیادی ماهیت متغیری دارند و به فرآیندهای مختلف بدون دلیل روشن پاسخ می‌دهند که سبب می‌شود تفسیر تغییرات مشکل باشد.

کربن فعال اصلاح شده با کربن کل در تیپ‌های گون-جارو، گون-بروموس و گندمیان به طور معنی‌داری بیشتر از دیگر تیپ‌ها بود. این تیپ‌ها دارای پوشش گیاهی علفی با کیفیت بالا هستند. تفاوت معنی‌داری بین تیپ‌های گندم دیم، گون-درمنه و گون-فرفیون مشاهده نشد (شکل 3). در تیپ گندم دیم و گون-فرفیون به علت ماده آلی کم مقدار این شاخص کم است. در تیپ گون-درمنه پوشش گیاهی بیشتر بوته‌ای است که کیفیت پایینی داشته و با وجود مقدار ماده آلی بالا، کربن فعال اصلاح شده کمی دارد.



شکل 3- تأثیر تیپ گیاهی بر کربن فعال (A) و کربن فعال اصلاح شده با کربن (B)

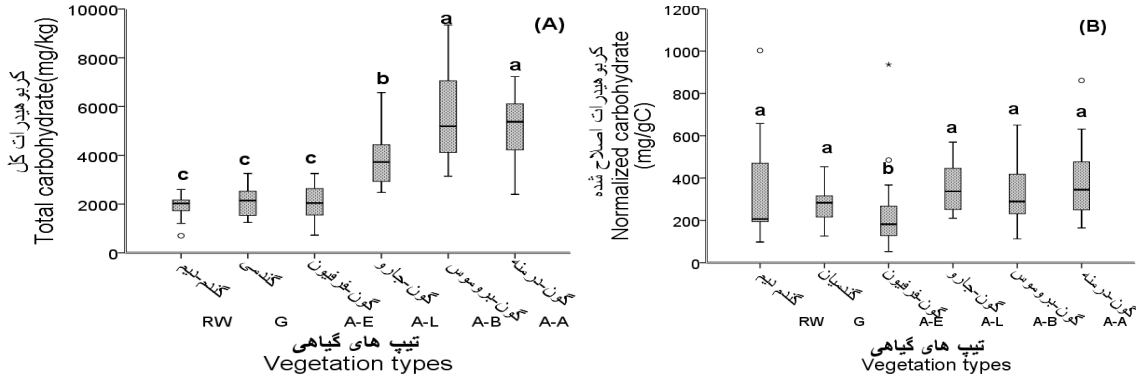
Figure 3- The effect of vegetation type on active carbon (A) and normalized active carbon (B)

مقدار کربوهیدرات در تیپ‌های گون-بروموس و گون-درمنه به طور معنی‌داری بیشتر از دیگر تیپ‌ها بود. کمترین مقدار کربوهیدرات در تیپ گندم دیم مشاهده شد ولی تفاوت معنی‌داری با تیپ گون-فرفیون و گندمیان نداشت (شکل 4). تیپ‌های گون-بروموس و گون-درمنه مقدار پوشش گیاهی و مواد آلی بالاتری نسبت به دیگر تیپ‌ها داشتند (جدول 1). گون جزء گیاهان لگوم است و این دو تیپ پوشش گون بالایی نسبت به دیگر تیپ‌ها دارند. آنجرز و مهیز (4) کربوهیدرات بیشتری را به ترتیب در سیستم‌های کشت یونجه، جو،

ذرت و خاک لخت یافتند. از طرف دیگر در تیپ گون-درمنه به دلیل غلبه گونه‌های خشبی، کیفیت مانده‌های گیاهی پایین و تجزیه‌پذیری آن‌ها کمتر است، در نتیجه هوموسی شدن کم است. یاد آور شود که با کاهش فرآیند هوموسی شدن، مقدار کربوهیدرات‌های خاک افزایش می‌یابد. نتایج به دست آمده از افق‌های آلی جنگلی نشان می‌دهد که با افزایش هوموسی شدن مقدار کربوهیدرات و قندها کاهش می‌یابد (24).

همانطور که مشخص است مقدار کربوهیدرات تیپ زراعی گندم دیم کمتر از تیپ‌های مرتعی است که این نتیجه همسو با یافته‌های محققان دیگر است. اسپان و جیانی (49) مشاهده کردند که غلظت کربوهیدرات با تغییر مرتع به زراعت طی 110 سال 62 درصد کاهش یافت (از 32/6 به 12/2 میلی‌مول بر کیلوگرم). اودز (40) نشان داد که خاک‌هایی که به مدت چهار سال تحت پوشش مرتعی بودند نسبت به خاک مشابه تحت سیستم پیوسته گندم تقریباً دو برابر کربوهیدرات داشتند.

اثر تیپ بر کربوهیدرات اصلاح شده در سطح 0/01 معنی‌دار بود. مقدار این شاخص در بین تیپ‌های گون-درمنه، گون-جارو، گون-بروموس، گندم دیم و گندمیان تفاوت معنی‌داری نداشت. مقدار کربوهیدرات اصلاح شده در تیپ گون- فرفیون به طور معنی‌داری کمتر از همه تیپ‌ها بود (شکل 4). این تیپ تنها تیپ گیاهی است که تحت عمل چرای آزاد قرار دارد، از طرف دیگر مقدار رس خاک در این تیپ بیشتر از دیگر تیپ‌ها است. همانطور که مشخص است تیپ‌های مرتعی علی‌رغم داشتن پوشش گیاهی و ماده آلی بالا، تفاوت معنی‌داری در مقدار کربوهیدرات اصلاح شده با تیپ گندم دیم ندارند که این شاید به علت تجزیه‌پذیری کمتر بقایای گندم به علت C/N بالا باشد، چرا که مقدار کربوهیدرات با افزایش هوموسی شدن ماده آلی کاهش می‌یابد. اثر فصل در سطح 0/05 معنی‌دار بود (جدول 3)؛ مقدار کربوهیدرات اصلاح شده در فصل پاییز به طور معنی‌داری بیشتر از فصل بهار بود. مقدار کربوهیدرات با هوموسی شدن کاهش می‌یابد و در فصل بهار به علت افزایش دما فرآیند هوموسی شدن بالا است. در تیپ‌های گون-درمنه، گون-فرفیون و گندم دیم مقدار کربوهیدرات اصلاح شده به طور معنی‌داری در فصل پاییز بیشتر از فصل بهار بود (جدول 3). در دوره‌های آیش، مقدار مواد آلی و به دنبال آن مقدار کربوهیدرات‌ها ممکن است به طور قابل توجهی کاهش یابد (17).



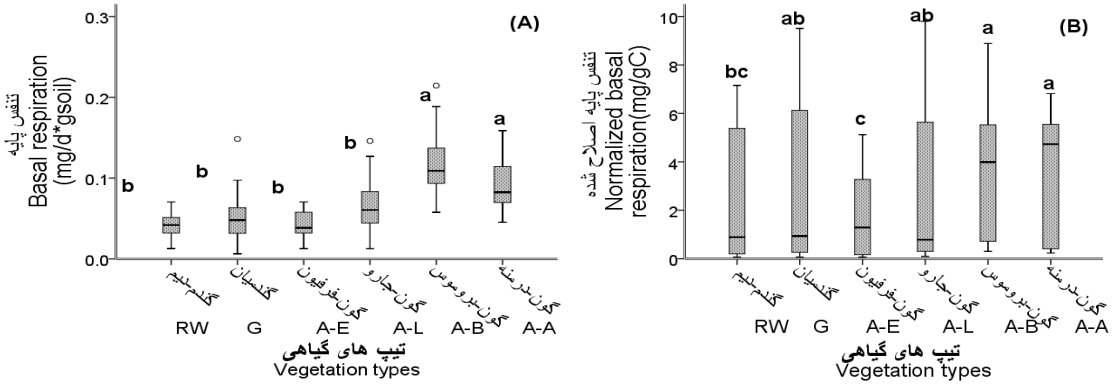
شکل 4- تأثیر تیپ گیاهی بر کربوهیدرات کل (A) و کربوهیدرات اصلاح شده با کربن (B)

Figure 4- The effect of vegetation type on Total carbohydrate (A) and Normalized carbohydrate (B)

اثر تیپ بر تنفس پایه در سطح 0/001 معنی‌دار بود. تیپ‌های گون-بروموس و گون-درمنه به طور معنی‌داری دارای بیشترین مقدار تنفس پایه بودند اما با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند (شکل 5). این دو تیپ دارای پوشش گیاهی، ماده آلی و تنوع گونه‌ای بالا هستند (جداول 1 و 2)، در نتیجه فعالیت میکروبی بالایی دارند. دیگر تیپ‌ها تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند و تیپ گندم دیم دارای کمترین مقدار تنفس پایه بود (شکل 5). در تیپ‌های گون-جارو، گون-فرفیون و گندمیان به علت تمرکز زیاد دام مقدار ماده آلی کم است؛ چرا بر ترکیب شیمیایی بقایای ورودی به خاک اثر می‌گذارد (56)، مواد دفعی را به خاک اضافه می‌کند (7)، سبب افزایش یا کاهش نشر ریشه می‌شود و روی خرداقلیم خاک تأثیر می‌گذارد (12). به طور کلی چرای بی رویه، تنفس خاک (41 و 50)، زی‌توده ریشه و فراهمی کربن پویا برای ریشه‌ها و میکروب‌ها را کاهش می‌دهد (50). یک بخش مهم از تنفس خاک به تجزیه بقایای گیاهی نسبت داده می‌شود، بنابراین تنفس خاک معمولا با برداشت بقایا کاهش و با افزایش بقایا افزایش می‌یابد (15 و 32). تیپ گندم دیم به علت عملیات خاکورزی و همچنین C/N بالای بقایای گندم، برداشت و چرای بقایا، دارای فعالیت میکروبی کمی است.

تیپ گون-درمنه و گون-بروموس دارای بیشترین مقدار تنفس پایه بودند و تفاوت معنی‌داری با تیپ‌های گون-جارو و گندمیان نداشتند (شکل 5). مقدار لاشبرگ، پوشش گیاهی و تنوع گونه‌ای در تیپ‌های گون-بروموس و گون-درمنه زیاد است. همچنین در

تیپ‌های گون-بروموس، گون-جارو و گندمیان به علت حضور قابل توجه گونه‌های گیاهی علفی، کیفیت بقایای گیاهی بالا است. مقدار این شاخص در دو تیپ گون-فرفیون و تیپ گندم دیم تفاوت معنی-داری نداشت و این مقدار در تیپ گون-فرفیون به طور معنی‌داری کمتر از دیگر تیپ‌ها بود (شکل 5). در تیپ گون-فرفیون به علت اعمال چرای آزاد، پوشش گیاهی و لاشبرگ توسط دام مصرف شده و از طرف دیگر بافت خاک این تیپ رسی است؛ همانطور که بیان کردیم باز چرخش مواد آلی در خاک‌های ریز بافت به علت محافظت مواد آلی از تجزیه میکروبی، باز چرخش مواد آلی کم است. در نتیجه مقدار این شاخص در این تیپ کمتر از دیگر تیپ‌ها است. این نتایج با یافته‌های لی و همکاران (37) همسو می‌باشد. این محققان بخش‌های مختلف کربن آلی را در مراتع با مدیریت‌های مختلف مورد مطالعه قرار دادند و مشاهده کردند که مقدار تنفس 10 روزه در مرتع طبیعی در عمق 10-0 سانتی‌متر بیشترین مقدار بود. این به علت نسبت بالای مواد آلی تازه و به آسانی تجزیه شونده می‌باشد.

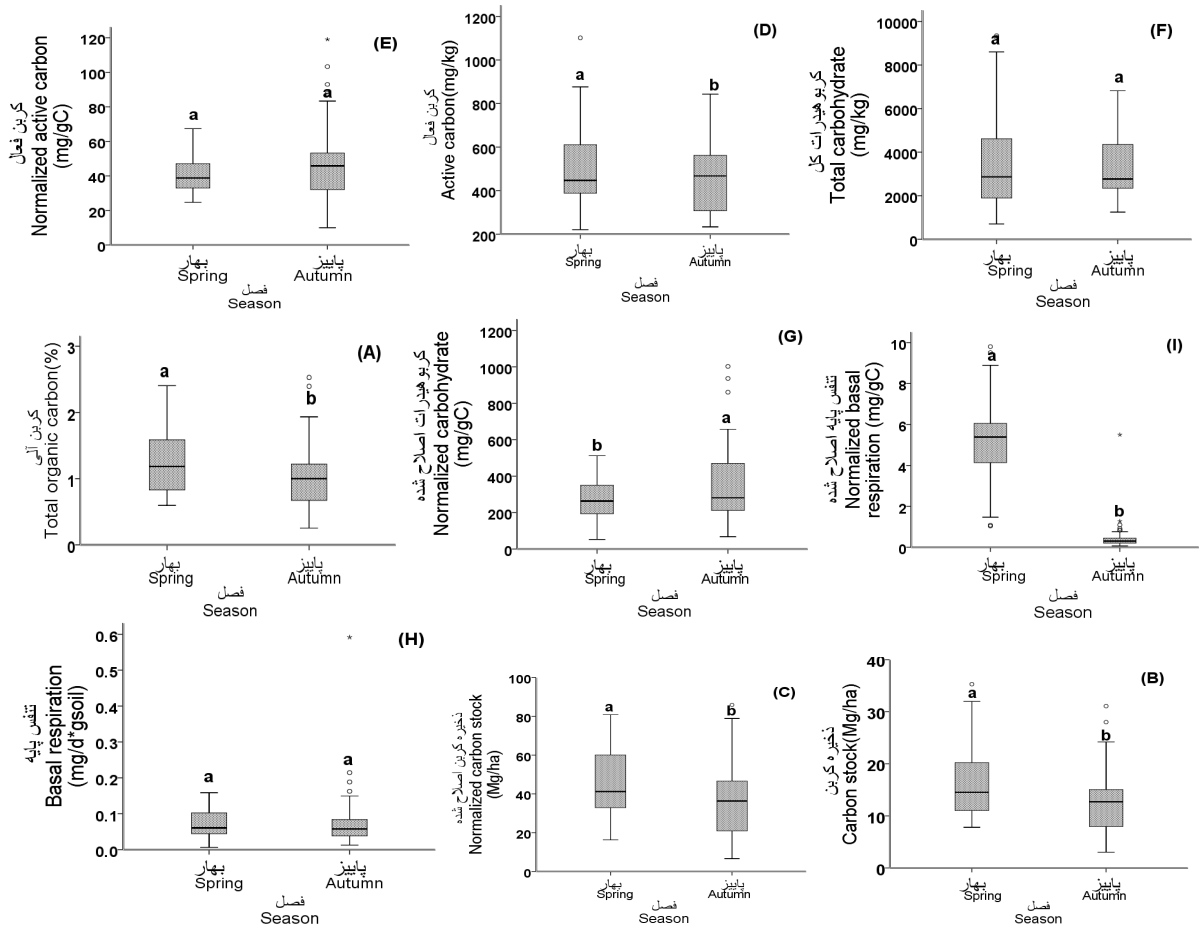


شکل 5- تأثیر تیپ گیاهی بر تنفس پایه (A) و تنفس پایه اصلاح شده با کربن (B)

Figure 5- The effect of vegetation type on Basal respiration (A) and Normalized Basal respiration (B)

تأثیر فصل بر کربن آلی کل، ذخیره کربن، ذخیره کربن اصلاح شده با شن، کربن فعال و تنفس پایه اصلاح شده با کربن معنی‌دار بود. مقدار این شاخص‌ها در فصل بهار به طور معنی‌داری بیشتر از فصل پاییز بود (شکل 6). میزان تنفس پایه در همه تیپ‌ها در فصل بهار به طور معنی‌داری بیشتر از فصل پاییز بود. با توجه به اینکه در بیشتر تیپ‌های گیاهی چرای تأخیری پاییزه انجام می‌شود در نتیجه میزان پوشش گیاهی و لاشبرگ کم است؛ همچنین در فصل بهار با افزایش دما و رطوبت، فعالیت میکروبی افزایش و از طرف دیگر مقدار پوشش گیاهی و همچنین مقدار مواد آلی وارد شده به خاک از طریق ریشه افزایش می‌یابد، در نتیجه مقدار تنفس میکروبی نیز بیشتر می-شود. از طرف دیگر در فصل پاییز با کاهش دما بسیاری از ریزجانداران به صورت کیست درآمده و فعالیت میکروبی کاهش می‌یابد. نوع پوشش گیاهی کنترل کننده تنفس خاک طی فصول می‌باشد (25). برداشت کامل بقایای روزمینی تنفس خاک را 25 درصد کاهش و افزایش دو برابری بقایا، 20 درصد تنفس را افزایش می‌دهد (26). در فصل بهار با بهبود وضعیت دمایی و رطوبتی مقدار رشد گیاه افزایش در نتیجه تاج پوشش گیاه و نشر مواد ریشه‌ای و میکروبی افزایش می‌یابد. اثر فصل بر کربن فعال اصلاح شده، کربوهیدرات کل و تنفس پایه معنی‌دار نبود ($p=0/2978$) (شکل 6). مقدار کربوهیدرات اصلاح شده در فصل پاییز به طور معنی‌داری بیشتر از فصل بهار بود (شکل 6). مقدار کربوهیدرات با هوموسی شدن کاهش می‌یابد و در فصل بهار به علت افزایش دما فرآیند هوموسی شدن بالا است.

لازم به ذکر است که در این پژوهش تأثیر نوع پوشش گیاهی بر ذخیره کربن و بخش پویای کربن مطالعه شد و تأثیر برخی ویژگی‌های ذاتی خاک مانند بافت بررسی گردید. با این حال دیگر، ویژگی‌های ذاتی خاک همچون کانی شناسی رسی (11) و اکسیدهای فلزی (13) نیز در پویایی و ذخیره کربن آلی در خاک‌ها نقش دارند. کانی‌های رسی مختلف ظرفیت متفاوتی در پایداری مواد آلی در خاک دارند (16). کانی‌شناسی رس و اکسیدهای آهن و آلومینیوم بیشتر از مقدار رس بر تنفس پایه مؤثر هستند (16). معدنی شدن کربن در خاک‌های با سطح ویژه کمتر بیشتر است و سطح ویژه رس وابسته به کانی شناسی رس است (45). با توجه به تأثیر نوع و فراوانی کانی‌های رسی و اکسیدهای فلزی در پایداری مواد آلی در خاک لازم است که مطالعات تکمیلی در بررسی تأثیر این ویژگی‌ها بر پویایی و ذخیره کربن در خاک‌های مورد بررسی انجام شود.



شکل 6- تأثیر فصل بر شاخص‌های کربن آلی کل (A)، ذخیره کربن (B)، ذخیره کربن اصلاح شده با شن (C)، کربن فعال (D)، کربن فعال اصلاح شده با کربن (E)، کربوهیدرات (F)، کربوهیدرات اصلاح شده با کربن (G)، تنفس پایه (H) و تنفس پایه اصلاح شده با کربن (I)

Figure 6- The effect of season on total organic carbon (A), carbon stock (B), normalized carbon stock (C), active carbon (D), normalized active carbon (E), total carbohydrate (F), normalized carbohydrate(G), basal respiration (H) and normalized Basal respiration (I)

نتیجه‌گیری

تیپ‌های گیاهی شناسایی شده اثر معنی‌داری بر روی شاخص‌های کیفیت خاک داشتند؛ تیپ‌های گون-بروموس و گون درمنه به دلیل داشتن پوشش گیاهی و لاشبرگ بالا، مقدار کربن آلی کل، ذخیره کربن،کربن فعال، کربن فعال اصلاح شده، کربوهیدرات، کربوهیدرات اصلاح شده، تنفس پایه و تنفس پایه اصلاح شده بیشتری نسبت به دیگر تیپ‌ها دارند و کمترین مقدار این شاخص‌ها در تیپ گندم دیم مشاهده شد که علت آن عملیات خاکورزی و کمبود ورود و بیشتر بودن خروج ماده آلی است.

در فصل بهار، با افزایش دما و رطوبت مقدار پوشش گیاهی و فعالیت میکروبی افزایش می‌یابد، در نتیجه مقدار کربن آلی افزایش می‌یابد. در فصل پاییز، به علت کم بودن دما فرایند هوموسی شدن کم است، در نتیجه مقدار کربوهیدرات در فصل پاییز بیشتر از فصل بهار است.

با توجه به نتایج، شاخص‌های کربن فعال، ذخیره کربن، کربوهیدرات کل و پس از آن کربن آلی کل، حساسیت بیشتری به تغییرات پوشش گیاهی داشتند.

با توجه به هدف پژوهش، تیپ‌های گیاهی با ترکیب گیاهی بوته‌ای-گندمیان با تاج پوشش بالا بیشترین تاثیر مثبت را بر تمام شاخص‌های کیفیت خاک داشتند و تیپ گیاهی با ترکیب گیاهی بوته‌ای تأثیر زیادی در مقدار ذخیره کربن داشت در حالی که تیپ گیاهی با ترکیب گیاهی علفی، زیست فراهمی مواد آلی بالایی داشت.

منابع

1- Abdi N. 2005. Estimation of carbon sequestration by Astragalus in the Markazi and Isfahan provinces. PhD thesis of rangeland Sciences, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran. (in Persian with English abstract)
2- Alexander M. 1977. Introduction to Soil Microbiology. John Wiley & Sons, New York.
3- A´lvaro-Fuentes J., Lo´ pez M.V., Arru´ e J.L., and Cantero-Martı´nez C. 2008. Management effects on soil carbon dioxide fluxes under semiarid Mediterranean conditions. Soil Science Society of America Journal, 72 (1): 194–200.
4- Angers D. A., and Mehuys G. R. 1989. Effects of cropping on carbohydrate content and water-stable aggregation of a clay soil. Canadian Journal Soil Science, 69: 373–380.
5- Anonymous. 2008. Meteorological Information Center of Iran (Hamadan), Statistics and information Meteorological Station of Hamedan. Available at: www.hamedanmet.ir.
6- Aparicio V., and Costa J.L. 2007. Soil quality indicators under continuous cropping systems in the Argentinean pampa. Soil & Tillage Research, 96: 155–165.
7- Augustine D. J., and McNaughton S. J. 1998. Ungulate effects on the functional species com- position of plant communities, herbivore selectivity and plant tolerance. J.Wil Manage, 62: 1165–1183.
8- Aziz I., Mahmood T., Raut Y., Lewis W., Islam R., and Weil R.R. 2009. Active organic matter as a simple measure of field soil quality. In: Acoustical Society of America International Meetings, Pittsburg, PA.
9- Bahrami A. 2012. Modeling soil organic carbon dynamics using APEX Gonbad paired watersheds. Master's thesis. Bu Ali Sina University. Faculty of Agriculture. (in Persian with English abstract)
10- Baldock J. A., and Oades. 1992. Aspects of the chemical structure of soil organic material as revealed by solidstate. Soil Biology & Biochemistry, 16: 1-42.
11- Baldock J.A., and Skjemstad J.O. 2000. Role of the soil matrix and minerals in protecting natural organic materials against biological attack. Organic Geochemistry 31: 697-710.
12- Bargdett R. D., Wardle D. A., and Yeates G. 1998. Linking above-ground and below-ground interactions: How plant responses to foliar herbivory infl uence soil organisms. Soil Biology & Biochemistry, 14: 1867–1878.
13- Basile-Doelsch I., Amundson R., Stone W.E.E., Borschneck D., Bottero J.Y., Moustier S., Masin F., and Colin F. 2007. Mineral control of carbon pools in a volcanic soil horizon. Geoderma, 137: 477-489.
14- Bilotta G.S., Brazier R. E., and Haygarth P. M. 2007. The impact of grazing animals on the quality of soils, vegetation, and surface waters in intensively managed grasslands. Advances in Agronomy, 94: 273-280.
15- Boone R. D., Nadelhoffer K. J., Canary J. D., and Kaye J. P. 1998. Roots exert a strong influence on the temperature sensitivity of soil respiration. Nature, 396: 570–572.
16- Bruun T. Bech., Elberling B., and Christensen B. T. 2010. Lability of soil organic carbon in tropical soils with different clay minerals. Soil Biology & Biochemistry, 42: 888-895.
17- Cardelli R., Marchini F., and Saviozzi A. 2012. Soil organic matter characteristics, biochemical activity and antioxidant capacity in Mediterranean land use systems. Soil & Tillage Research, 120: 8-14.
18- Cheshire M.V. 1979. Nature and Origin of Carbohydrates in Soils. Academic Press, London.
19- Doran J. W., and Jones A.J. 1996. Methods for Assessing Soil Quality. Soil Science Society of America Special Publication, vol. 49. Soil Science Society of America Journal, Madison, WI. 410pp.
20- Dubois M., Gilles K. A., Hamilton J. K., Rebers P. A., and Smith F. 1956. Colorimetric method of determination of sugars and related substances. Analytical Chemistry, 28: 350–356.
21- Franzluebbers A.J. 2010. Soil organic carbon in managed pastures of the southeastern United States of America. P. 168-175. In: M. Abberton et al. (ed) Grassland Carbon Sequestration: Management, Policy and Economics. Integrated Crop Manage, vol. 11. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, Italy, p. 163-175.
22- Franzluebbers A. J., Haney R. L., Honeycutt C. W., Arshad M. A., Schomberg H. H., and Hons F. M. 2001. Climatic influences on active fractions of soil organic matter. Soil Biology & Biochemistry, 33(7–8): 1103–1111.
23- Grandy A. S., Strickland M. S., Lauber C. S., Bradford M. A., and Fierer N. 2009. The influence of microbial communities, management, and soil texture on soil organic matter chemistry. Geology, 150: 278–286.
24- Greenland D. J., and Oades J. M. 1975. Saccharides. P. 213-261. In J. E. Gieseking (ed) Soil Components. Vol. I. Springer-Verlag. New York.
25- Gregorich E.G., Carter M.R., Angers D.A., Monreal C.M., and Ellert B.H. 1994. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. Canadian Journal Soil Science, 74: 367–385.
26- Grogan P., and Chapin F. S. 1999. Arctic soil respiration: Effects of climate and vegetation depend on season. Ecosystem, 2(5), 451–459.

27- Hook P.B., Burke I.C., and Lauenroth W.K. 1991. Heterogeneity of soil and plant N and C associated with individual plants and openings in North-American shortgrass steppe. Plant and Soil, 138 (2): 247–256.
28- Isermeyer H. 1952. Eine einfache Methode sur Bestimmung der Bodenatmung and der carbonate in Boden. Z Pflanzanernah Bodenk. 56: 26-38.
29- Islam K. R., and Weil R. R. 2000. Soil quality indicator properties in mid-Atlantic soils as influenced by conservation management. Soil and Water Conservation, 54:69–78.
30- Javaheri Khah S. 2014. The effect of vegetation type on some indicators of physical, chemical and biochemical soil quality in Gonbad Watershed, Hamadan. (in Persian with English abstract)
31- Jia B., Zhou G., Wang F., Wang Y., and Weng E. 2007. Effects of grazing on soil respiration of Leymus chinensis steppe. Climatic Change. 82: 211–223.
32- Jonasson S., Castro J., and Michelsen A. 2004. Litter, warming and plant affect respiration and allocation of soil microbial and plant C, N and P in Arctic mesocosms. Soil Biology & Biochemistry, 36: 1129–1139.
33- Juma N. G. 1993. Interrelationships between soil structure/texture, soil biota/soil organic matter and crop production. Geoderma. 57:3–30.
34- Kelly R.H., Burke I.C., and Lauenroth W.K. 1996. Soil organic matter and nutrient availability responses to reduced plant inputs in short grass steppe. Ecology, 77 (8): 2516–2527.
35- Klein J., Hart J., and XQ Z. 2007. Experimental warming, not grazing, decreases rangeland quality on the Tibetan Plateau. Ecological Applications, 17 (2): 541-557.
36- Ladd J. N., Foster R. C., and Skjemstad J. O. 1993. Soil structure: carbon and nitrogen metabolism. Geoderma, 56:401–434.
37- Li X.G., Li F.M., Singh B., Rengelc Z., and Zhan Z. Y. 2007. Soil management changes organic carbon pools in alpine pastureland soils. Soil & Tillage Research, 93: 186–196.
38- Manuel P.F., Susanne S., J. Francisco L.C., Isabel M. M., and Raúl O. P. 2013. Soil organic matter of Iberian open woodland rangelands as influenced by vegetation cover and land management. Catena, 109: 13–24.
39- McCulley R.L., Archer S.R., Boutton T.W., Hons F.M., and Zuberer D.A. 2004. Soil respiration and nutrient cycling in wooded communities developing in grassland. Ecology, 85: 2804–2817.
40- Oades J.M. 1967a. Carbohydrates in some Australian soils. Australian Journal of Soil Research, 5: 103-115.
41- Ohtonen R., and Vare H. 1998. Vegetation composition determines microbial activities in a boreal forest soil. Microbial Ecology, 36(3): 328–335.
42- Raiesi F., and Asadi E. 2006. Soil microbial activity and litter turnover in native grazed and ungrazed rangelands in a semiarid ecosystem. Biology and Fertility of Soils, 43: 76–82.
43- Ramos M.E., Robles A.B., Sanchez-Navarro A., and Gonzalez-Rebollar J.L. 2011. Soil responses to different management practices in rainfed orchards in semiarid environments. Soil and Tillage Research, 112: 85–91.
44- Reeves D.W. 1997. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. Soil & Tillage Research, 43 (1–2): 131–167.
45- Saggar S., Parshotam A., Sparling G.P., Feltham C.W., and Hart P.B.S. 1996. ^{14}C-labelled ryegrass turnover and residence times in soils varying in clay content and mineralogy. Soil Biology and Biochemistry, 28: 1677-1686
46- Salinas-Garcıa J.R., Velazquez-Garcıa J.D.J., Gallardo-Valdez M., Dıaz-Mederos P., Caballero-Hernandez F., Tapia-Vargas L.M., and Rosales-Robles E. 2002. Tillage effects on microbial biomass and nutrient distribution in soils under rain-fed corn production in central-Western Mexico. Soil & Tillage Research, 66 (2): 143-152.
47- Schuman G.E., Janzen H., and Herrick J.E. 2002. Soil Carbon Information and Potential Carbon Sequestration by Rangelands. Environmental Pollution, 116: 391-396.
48- Sparling G. P. 1992. Ratio of microbial biomass to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. Australian Journal of Soil Research, 30: 195–207.
49- Spohn M., and Giani L. 2011. Total, hot water extractable and oxidation-resistant carbon in sandy hydromorphic soils-Analysis of a 220-year chronosequence. Plant and Soil. 338: 183e192.
50- Stark S., Tuomi J., Strömmer R., and Helle T. 2003. Non-parallel changes in soil microbial carbon and nitrogen dynamics due to reindeer grazing in northern boreal forests. Ecography, 26: 51–59.
51- Tisdall J. M., and Oades J.M. 1982. Organic matter and water stable aggregates in soils. Journal Soil Science. 33: 141–163.
52- Vagen T.G., Andrianorofanomezana M.A.A., and Andrianorofanomezana S. 2006. Deforestation and cultivation effects on characteristics of Oxisols in the highlands of Madagascar. Geoderma, 131: 190-200.
53- Walkley A., and Black I. A. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid in soil analysis. Experimental soil science, 79: 459-465.
54- Weil R.R., Islam K.R., Stine M.A., Gruver J.B., and Samson-Liebig S.E. 2003. Estimating active carbon for soil quality assessment: a simplified method for laboratory and field use. American Journal of Alternative Agriculture,

18: 3–17.
55- Wander M.M., Walter G.L., Nissen T.M., Billero G.A., Andrews S.S., and Cavanaugh-Grant D.A. 2002. Soil quality: science and process. Agronomy, 94: 23–32.
56- Wilsey B. J., Parent G., Roulet N. T., Moore T. R., and Potvin C. 2002. Tropical pasture carbon cycling, relationships between C source/sink strength, above-ground biomass and grazing. Ecology Letters, 5: 367–376.

Journal of Water and Soil
Vol. 30, No. 6, Jan.-Feb. 2017, p. 1964-1977

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 30، شماره 6، بهمن – اسفند 1395، ص. 1977-1964

Influence of Vegetation Type and Land Management on Soil Organic Carbon Fractions in Gonbad Watershed, Hamadan

Kh. Salari Nik[1] - M. Nael[2]*- Gh. Assadian[3] - A. A. Safari Sinegani[4]

Received: 25-10-2014
Accepted: 03-08-2016

Introduction: Soil organic matter is influenced strongly by vegetation cover and management, therefore it is proposed as the main indicator of soil quality and health. The changes in soil organic matter status occur much more rapidly in the labile pools than in organic C. Thus, labile pools can be used as early indicators of changes in total organic matter that will become more obvious in the longer term here. In addition, the labile fraction has a disproportionately large effect on nutrient-supplying capacity and structural stability of soils. Land management as well as soil and environmental conditions lead to the deployment of different plant communities in rangeland ecosystems, which in turn may have different effects on soil quality indicators. The main objective of this research was to investigate the influence of different vegetation covers on the quantity and quality of soil organic carbon fractions in Gonbad experimental watershed, Hamadan. Moreover, the seasonal changes of selected soil carbon fractions were investigated.

Materials and Methods: Paired Gonbad watershed in Hamedan consists of two sub-basins: in control sub-basin no grazing management is applied, while in protected sub-basin, grazing has been restricted to a very short period in late autumn since 2002. Average annual precipitation and average annual temperature in the area are 304.4 mm and 9.5 °C, respectively (5). The soil cover of the watershed consists of TypicCalcixerepts, TypicHaploxerepts and Lithic Xerorthents (9). Five different vegetation typesof which, grasses (G), Astragalus-Bromus (A-B), Astragalus-Artemisia (A-A), Astragalus-Lactuca (A-L) in protected sub-basin, and Astragalus-Euphorbia (A-E) in control sub-basin, were selected. In addition, a formerly cultivated hilly land outside the watershed, now under rainfed wheat farming (RW) was selected as a non-pasture vegetation type. All of the six vegetation types were similar in terms of soil parent materials and slope aspect.. Soil and plant sampling were conducted in mid-autumn 2012 (a), and late spring 2013 (s). Three plots (1*1 m^2) were studied in each vegetation type. Total organic carbon (TOC), carbon stock (CS), carbon stock normalized with sand(CS/Sa), active carbon (AC), normalized active carbon (AC/TOC), soil carbohydrates (Ch), normalized carbohydrates (Ch/TOC), basal respiration (BR) and normalized basal respiration (BR/TOC) were measured in surface soils (0-15 cm). A factorial experimental design with two factors, vegetation type (6 levels) and time (2 levels), was conducted. Prior to statistical analysis, data were normalized, if required.

Results and Discussion: TOC and CS contentswere significantly different between vegetation types. A-B and A-A had highest canopy cover, litter cover and species diversity. Species diversity in the rangeland ecosystems has direct effect on fodder production and soil organic carbon content. A-E site, despite its low TOC content, hadhigher CS/Sa (51.9 Mg/ha) due to higher amount of clay content, compared to A-A (43.1Mg/ha) with higher TOC content. The amount of AC andAC/TOC in different vegetation types is proportional to the amount of TOC, CS, total canopy, and the canopy and production of herbaceous species. AC content was significantly highest in A-B (711.7 mg/kg), and lowest in RW site(262.6 mg/kg). A-B site is rich in grass species with high amounts of readily decomposable root residues and exudates. The variation of carbohydrate contents in different vegetation types wasvery similar to that of total organic carbon, in that A-B and A-A exhibited the highest (5843 and 5258 mg/kg, respectively) and RW showed the lowest (1937 mg/kg) carbohydrate contents. The woody, not easily decomposible litters in A-A explainedthe high content of Ch/TOC (38.12%) in this site; low rate of humification entails increased soil carbohydrates. Ch/TOC was significantly lower in A-E than other covers. The highest BR andBR/TOC, were observed in A-B and A-A sites, mainly due to the high canopy cover, species richness,and soil organic matter. The lowest BR andBR/TOC were observed in A-E.Thesoil texture in this site was clay.The recirculation of organic matter in fine-textured soils is low because

1, 2 and 4- Ph.D. Student, Assistant Professor and Professor of Soil Science, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, Respectively
(*- Corresponding Author Email: moh_nael@yahoo.com)
3- Faculty of Agricultural and Natural Research Center of Hamedan, Iran

of organic materials protection from microbial decomposition. Total organic matter and labile organic carbon inputs werelower in A-L, A-E and G sites; this may explain the reduction of microbial activity in these vegetation types. Except for AC/TOC, Ch, and BR, seasonal changes of all other indicators were significant. Unlike other indicators, the content of Ch/TOC was significantly higher in autumn than spring.

Conclusion: Vegetation types had significant effects on selected soil quality indicators, so that A-A and A-B sites exhibited the highest soil quality, mainly because of higher vegetation cover, litter, and plant diversity. RW, followed by A-E site, demonstrated the lowest soil quality due to the tillage practices and low plant residue inputs in the first case, and overgrazing of vegetation cover and litter in the second. Total soil organic carbon and active carbon were significantly higher in spring compared to autumn. Seasonal changes of basal microbial respiration and carbohydrates were not statistically significant.

Keywords: Active carbon, Basal respiration, Carbohydrate, Soil quality, Vegetation type