تأثیر اقلیم و قرق دراز مدت بر برخی از شاخص‌های بیولوژیکی کیفیت خاک در بخشی از مراتع زاگرس مرکزی

محسن شکل‌آبادی[۱]، حسین خادمی[۱]، مصطفی کریمیان اقبال[۲] و فرشید نوربخش[۱]

چکیده

پژوهندگان بسیاری دگرگونی پوشش گیاهی در اثر چرای دام در منطقه زاگرس مرکزی را بررسی نموده‌اند، اما مطالعه دقیقی در ارتباط با نقش اقلیم و مدیریت چرا در تغییر ویژگی‌های خاک در این مناطق انجام نگرفته است. این مطالعه با هدف بررسی نقش اقلیم و قرق درازمدت بر ویژگی‌های بیوشیمیایی خاک انجام شد. چهارده قرق مطالعاتی و مناطق مجاور چرا شده آنها در سه منطقه چادگان، پیشکوه و پشتکوه انتخاب و از دو عمق ۵-۰ و ۱۵- ۵ سانتی‌متری نمونه خاک جمع‌آوری گردید و ویژگی‌های خاک شامل کربن آلی (OC)، نیتروژن کل (TN)، نسبت کربن آلی به نیتروژن کل (C/N)، کربن توده زنده میکروبی (MBC)، نسبت کربن توده زنده میکروبی به کربن آلی (C_{mic}/C_{oc}) و کسر متابولیکی (qCO_2) اندازه‌گیری یا محاسبه گردید. کمترین میزان OC، MBC، TN و C_{mic}/C_{oc} در منطقه چادگان مشاهده گردید که عمدتاً به علت ورودی کمتر بقایای تازه گیاهی در اثر اقلیم خشک‌تر می‌باشد. مقادیر این ویژگی‌ها در مناطق پیشکوه و پشتکوه حدود ۲/۵ تا ۳ برابر منطقه چادگان می‌باشند. شدت چرا در منطقه پیشکوه کمتر از منطقه پشتکوه بوده و تفاوتی بین مناطق چرا و قرق شده مشاهده نمی‌شود. اما به علت شدت بیشتر چرا در منطقه پشتکوه تفاوت شدید و معنی‌داری بین مناطق چرا و قرق شده وجود دارد. نتایج C_{mic}/C_{oc} و qCO_2 نشان داد کیفیت کربن خاک در مناطق پیشکوه و پشتکوه مناسب‌تر می‌باشد. در مجموع به نظر می‌رسد مناطق پیشکوه و پشتکوه می‌توانند با مدیریت مناسب به سرعت احیا گردند در حالی که در منطقه چادگان احیای خاک به زمان بسیار طولانی‌تری نیاز خواهد داشت

واژه‌های کلیدی: کیفیت شیمیایی خاک، کیفیت بیولوژیکی خاک، اقلیم، مدیریت چرا، زاگرس مرکزی

مقدمه

استفاده پایدار از منابع طبیعی و ایجاد تعادل بین میزان تولید و حفظ و بهبود کیفیت منابع طبیعی در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. در این میان خاک جزء بسیار مهم پایداری اکوسیستم‌ها می‌باشد. توانایی خاک در انجام فرایند یا استفاده‌ای خاص، مفهوم کیفیت خاک در اکوسیستم را تشکیل می‌دهد (۲۰). خاک‌های مرتعی از این منظر دارای اهمیت فوق العاده‌ای می‌باشند، زیرا این خاک‌ها دارای تغییر پذیری زمانی و مکانی

۱. به‌ترتیب دانشجوی سابق دکتری، دانشیار و استادیار خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲. دانشیار خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.41.9.6]

شدیدی بوده، هم‌چنین گسترش وسیعی دارند (۲۴).

اقلیم مهم‌ترین عاملی است که به تنهایی ترکیب گونه‌های گیاهی در یک منطقه، مقدار تولیدات گیاهی و شدت فعالیت میکروبی خاک را تعیین می‌کند. عوامل اقلیمی به خصوص بارندگی در سطح وسیع (Large scale) عمل نموده و بر ویژگی‌های خاک تأثیر می‌نمایند (۳۱). اثر این عامل بر ویژگی‌های خاک در مطالعات متعددی به خوبی بررسی شده است (۸، ۱۴، ۱۹، ۲۲ و ۳۲). اما الگویی که در سطح وسیع به وسیله اقلیم القا شده است می‌تواند به وسیله عوامل دیگر تغییر یابد. توپوگرافی، فعالیت‌های انسانی از جمله مدیریت چرا و چرای بیش از حد و پوشش گیاهی از عواملی هستند که به صورت محلی بر خصوصیات خاک تأثیر دارند.

دام و گیاه در اکوسیستم‌های طبیعی همواره در کنش متقابل با یکدیگر بوده و تا هنگامی که چرای مناسب دام انجام می‌شود به منابع اکوسیستم مانند آب، خاک و گیاه خسارتی وارد نمی‌گردد (۷). چرای مناسب بخشی از اندام هوایی گیاه، تأثیر چندانی بر تولید گیاه نداشته و می‌تواند باعث تحریک و افزایش تولید گیاه گردد. اما چرای شدید گیاه به ویژه در مراتع حساس مناطق خشک و نیمه خشک باعث کاهش تولید توده زنده گیاهی می‌گردد. اندام‌های زمینی گیاه جهت به دست آوردن انرژی به شدت به اندام‌های هوایی وابسته‌اند و کاهش شدید اندام هوایی گیاه باعث کاهش تولید و هم‌چنین کیفیت اندام زمینی گیاه می‌گردد (۲۹). کاهش پوشش هوایی و زمینی مراتع باعث کاهش تنوع گونه‌ای و افزایش گونه‌های دارای درجه اندک خوش خوراکی برای دام -که ارزشی برای حفاظت خاک ندارند- می‌گردد و افزایش تبخیر و تعرق، رواناب و هدر رفت مواد غذایی خاک را به همراه دارد (۷). از سوی دیگر چرای شدید و طولانی با اثر مستقیم بر تولید بذر و یا غیر مستقیم از طریق کاهش مکان‌های امن (Safe sites) برای نگه‌داری و حفظ بذر در خاک، باعث تغییر در اندازه و ترکیب ذخایر بذر خاک گردد(۲۱). در اقلیم‌های خشک و نیمه خشک مکان‌های امن برای نگه‌داری و جوانه زنی بذور اهمیت بسیار زیادی دارد (۲۱). نتیجه چرای شدید و تخریب مرتع، کاهش ظرفیت آن برای دام‌های اهلی بوده و با هدررفت تولید در اراضی کشاورزی قابل مقایسه است. مطالعات مختلفی اثرات چرا را بر خاک‌های مرتعی بررسی نموده‌اند (۲، ۵، ۶، ۱۲، ۱۳، ۱۶، ۱۷، ۲۸ و ۳۳).

عوامل شیمیایی و میکروبی به عنوان شاخص‌های بیوشیمیایی و بیولوژیکی خاک جهت تعیین اثرات تخریب اکوسیستم و کیفیت خاک پیشنهاد شده‌اند. کربن آلی خاک از مهم‌ترین و کلیدی‌ترین عوامل موثر بر کیفیت خاک بوده و پتانسیل زیادی برای تغییر در اثر تغییرات اقلیمی و مدیریت انسان دارد (۲۰ و ۲۴). به طور کلی کربن آلی خاک با بارندگی افزایش و با دما کاهش می‌یابد. آلوارز و لاوادو (۸) نشان دادند که میزان کربن تا عمق ۵۰ سانتی‌متری خاک رابطه مستقیمی با نسبت بارندگی به دما دارد. دای و هوانگ (۱۴) نیز در مقیاس کل کشور چین رابطه مثبتی بین میزان کربن آلی خاک با نسبت بارندگی به تبخیر و تعرق مشاهده نمودند. هارمس و همکاران (۱۹) مشاهده نمودند که میزان ذخیره کربن در منطقه با بارندگی ۶۰۰ تا ۷۰۰ میلی‌متر تقریباً دو برابر مناطق با ۴۰۰-۵۰۰ میلی‌متر بارندگی است. دالال و مایر (۱۵) نیز دریافتند که به ازای افزایش ۱۰۰ میلی متر بارندگی در جنوب کوئینزلند استرالیا میزان مواد آلی خاک در لایه ۱۰ سانتی‌متری سطح خاک ۰/۵ درصد افزایش می‌یابد.

به عنوان حیاتی‌ترین عضو اکوسیستم، جامعه میکروبی خاک می‌تواند هر گونه تغییر در عملکرد اکولوژیکی خاک را انعکاس دهد (۱۰ و ۲۶) و به عنوان قسمت فعال کربن آلی خاک بسیار بهتر از کل مواد آلی به تغییر مدیریت واکنش نشان می‌دهد (۱۰). در شرایط طبیعی کربن توده زنده میکروبی خاک ۱-۵ درصد کربن آلی خاک را شامل می‌گردد (۹ و ۳۱). تغییر در این نسبت در اثر افزوده شدن مواد آلی تازه به خاک، تغییر راندمان تبدیل کربن به توده زنده میکروبی خاک، هدررفت و یا تثبیت کربن آلی به وسیله قسمت معدنی خاک می‌باشد(۳۱).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.41.9.6]

آندرسون (۹) معتقد است که خاک‌های با نسبت کمتر از ۲ در ناحیه بحرانی قرار دارند. ولی اندازه‌گیری کربن توده زنده میکروبی خاک به روش اندازه‌گیری وابستگی زیادی دارد (۹) و اعداد کمتر از ۲ نیز گزارش گردیده است (۲۰ و ۳۱). افزایش نسبت کربن توده زنده میکروبی به کربن آلی خاک نسبت مستقیمی با کیفیت مواد افزوده شده به خاک دارد و این نسبت در مناطقی که افزوده شدن مواد آلی تازه کم باشد، کاهش یافته و فراوانی مواد آلی سخت تجزیه شونده (Recalcitrant) در خاک افزایش می‌یابد (۹ و ۱۰).

کسر متابولیکی یا تنفس ویژه (Metabolic quotient) (qCO_2) شاخصی اکوفیزیولوژیک می‌باشد که بر اساس تئوری اکولوژیکی ادوم (Odum) توسعه یافته است. بر پایه این تئوری، با افزایش تنوع و نزدیک شدن جامعه به کلیماکس، انرژی کمتری صرف نگه‌داری توده زنده شده و بیشتر به صورت توده زنده میکروبی ذخیره می‌گردد(۹). کسر متابولیکی میزان کربن متصاعد شده از هر واحد کربن توده زنده میکروبی در واحد زمان می‌باشد. در جامعه میکروبی با شدت تنفس کم، کربن زیادتری برای تولید توده زنده میکروبی فراهم بوده و میزان کربن توده زنده میکروبی در خاک افزایش می‌یابد (۹). در خاک‌های با pH خنثی میزان کسر متابولیکی بین ۰/۵ mg CO_2-C $g^{-1}C_{mic}$ h^{-1} تا ۲/۰ گزارش شده و مقادیر بیشتر از ۲/۰ می‌تواند برای خاک‌ها بحرانی باشد (۹).

با توجه به این‌که در ایران مطالعات اندکی در مورد کیفیت خاک در مراتع در اقلیم‌های متفاوت و اثر مدیریت چرا بر آنها انجام گردیده است (۲، ۵، ۶، ۲۴ و ۲۸)، ضرورت شناخت و مدیریت صحیح این خاک‌ها به خوبی احساس می‌گردد. علی رغم مطالعات انجام شده بر تنوع گونه‌ای قرق‌ها در منطقه مورد مطالعه در این تحقیق، مطالعه دقیقی در رابطه با تغییر کیفیت و ویژگی‌های خاک مناطق قرق شده صورت نگرفته است. این مطالعه با هدف بررسی نقش اقلیم و قرق دراز مدت بر ویژگی‌های شیمیایی و بیولوژیکی خاک انجام گردیده است.

مواد و روش‌ها

توصیف منطقه مورد مطالعه

در سال ۱۳۶۰ طرح تکثیر بذر و مطالعه رویشگاه‌های بومی مرتعی فریدن اصفهان به وسیله دانشگاه صنعتی اصفهان در دو ناحیه مجزا در مناطق فریدن و فریدونشهر اصفهان، در زاگرس مرکزی به اجرا درآمد (۱). تعداد ۹۶ قرق مطالعاتی با مساحت ۱۰۰۰ متر مربع در رویشگاه‌ها و اقلیم‌های متفاوت در مناطق چادگان و فریدونشهر اصفهان احداث گردیده و در سال‌های ۱۳۶۲ (۱)، ۱۳۶۷ (۷) و ۱۳۸۰ (داده‌های منتشر نشده بصیری و ایروانی) پوشش تاجی، تراکم، تنوع گونه‌ای و تولید تعدادی از این قرق‌ها مطالعه گردیده و نشان داده است که قرق مرتع باعث شروع مراحل توالی آن به سمت کلیماکس گردیده و تیپ‌های گیاهی این قرق‌ها به یکدیگر نزدیک شده‌اند.

ناحیه اول مورد مطالعه از توابع شهرستان فریدونشهر و حد فاصل طول‌های جغرافیایی ′۱۹ °۵۰ و ′۳۹ °۴۹ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ′۹ °۳۳ و ′۴۱ °۳۲ شمالی قرار دارد (شکل ۱). قسمت عمده این منطقه را ارتفاعات بلند و پر شیب تشکیل می‌دهد. این منطقه به طور عمده در قلمرو سنگ‌های آهکی و کربناته دوره کرتاسه می‌باشد (۷). میانگین سالانه بارش و حداکثر و حداقل دما بر اساس ایستگاه فریدونشهر در قسمت‌های مرتفع (پیشکوه، ۲۴۶۵ تا ۳۸۹۶ متر از سطح دریا) به ترتیب در حدود ۵۰۰ میلی‌متر و ۱۷/۲ و ۲/۸ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. اقلیم آن بر اساس روش کوپن، معتدل سرد با تابستان‌های خنک و خشک و روش پیشنهادی برای ایران، مرطوب معتدل با زمستان‌های بسیار سرد تقسیم-بندی شده است (۴). میانگین سالانه بارش و حداکثر و حداقل دما در قسمت کم ارتفاع غربی (پشتکوه موگوئی، ۱۸۰۰ تا ۳۰۹۳ متر از سطح دریا) به ترتیب در حدود ۶۰۰ میلی‌متر و ۲۱/۷ و ۶/۳ درجه سانتی‌گراد است. اقلیم آن با روش کوپن، نیمه گرمسیری با تابستان‌های گرم و خشک و به روش پیشنهادی کریمی (۴) نیمه مرطوب گرم با زمستان‌های نیمه سرد تعیین گردیده است.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.41.9.6]



شکل ۱. موقعیت مناطق در استان اصفهان (الف) و محل قرق‌های نمونه برداری شده در شهرستان‌های چادگان (ب) و فریدون شهر (ج)

به طور کلی ۴۱/۲ درصد از سطح کل این مراتع به تیپ گیاهی کما.*Ferula ovina* L اختصاص دارد. در منطقه پیشکوه فورب‌های یکساله و چند ساله مانند گونه‌های

Ferula ovina L., *Astragalus adscendens*, *Eryngium billardieri*, *Cachrys ferulacea*, *Serratila latifolia*

و در منطقه پشتکوه گونه‌های علفی یکساله و چند ساله مانند گونه‌های زیر غالب می‌باشند (۷).

Agropyron trichophorum, *Festuca Ovina*, *Poa bulbosa*, *Bromus tomentellus*, *Hordeum bulbosum*

مراتع مناطق پیشکوه و پشتکوه فریدونشهر از نظر وضعیت تولید گیاهی متوسط تا خوب می‌باشند. میزان متوسط تولید ماده خشک گیاهی در هر هکتار از مراتع منطقه پیشکوه در مناطق قرق و چراشده به ترتیب ۶۰۰/۹ و ۴۳۵/۶ کیلوگرم و در منطقه پشتکوه به ترتیب ۱۲۸۷/۴ و ۵۳۹/۴ کیلوگرم بوده است(۷).

بخش فریدون شهر منطقه‌ای عشایری بوده و دام‌های زیادی از خارج منطقه در طی فصول بهار و تابستان وارد منطقه می‌گردد. ترکیب دام موجود در این منطقه به صورت ۷۰/۴ درصد گوسفند، ۲۰/۳ درصد بز و ۵ درصد گاو می‌باشد (۳). آمار رسمی نشان می‌دهد ۲۲/۸ درصد از جمعیت عشایری دارای پروانه بهره برداری از مرتع در دهستان پشتکوه قرار داشته و ۴۵/۸ درصد دام عشایری موجود در بخش فریدون شهر را دارا می‌باشند. شدت چرا در این منطقه ۰/۶۸ واحد دامی در هکتار می‌باشد. در صورتی‌که تنها ۱۷ درصد جمعیت عشایری و ۱۳ درصد دام عشایری موجود در بخش در منطقه پیشکوه چرا می‌نمایند و شدت چرا ۰/۳۸ واحد دامی در هکتار می‌باشد (۳). به نظر می‌رسد آمار واقعی بیش از این بوده و به طور کلی ۳۰ تا ۴۰ درصد دام موجود در این مناطق مازاد بر ظرفیت مراتع باشند (۳).

ناحیه دوم از توابع شهرستان چادگان و در حد فاصل طول‌های جغرافیایی ′۴۷ °۵۰ و ′۲۷ °۵۰ شرقی و عرض‌های جغرافیایی °۳۳ و ′۴۵ °۳۲ شمالی در شمال شهر چادگان واقع شده است (شکل ۱) و قسمت عمده آن را اراضی کم شیب و

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.41.9.6]

نسبتاً مسطح با ارتفاع ۲۱۴۰ تا ۲۵۶۰ متر از سطح دریا تشکیل می‌دهد. در ارتفاعات بالای منطقه تشکیلات آهکی دوره کرتاسه و در ارتفاعات حد واسط آهک و شیل دوره ژوراسیک مشاهده می‌گردند. میانگین سالانه بارش و حداکثر و حداقل دما به ترتیب ۳۳۰ میلی‌متر و ۱۷ و ۲/۱ درجه سانتی‌گراد (۷) و اقلیم آن بر اساس روش کوپن مرطوب معتدل با زمستان‌های بسیار سرد و به روش پیشنهادی کریمی (۴) نیمه مرطوب معتدل با زمستان‌های سرد گزارش شده است. گونه‌های گیاهی غالب این منطقه از گروه فورب‌های چند ساله و نیمه بوته‌ای‌ها شامل گونه‌های زیر می‌باشند (۷).

Astragalus sp., *Centaurea gaubae, Cousinia bachtiarica, Euphorbia descipines, Phlomis persica, Noea mucronata, Scariola orientalis*

مراتع منطقه چادگان با میانگین ۱۲۵/۴ و ۳۳ کیلوگرم ماده خشک گیاهی در هر هکتار به ترتیب در مناطق قرق و چراشده از نظر وضعیت تولید گیاهی بسیار فقیر بوده و و پتانسیل بسیار کمی جهت تغذیه دام دارند. درحالی که این مراتع به شدت چرا می‌گردند (۷).

میانگین پوشش گیاهی مناطق چرا و قرق شده چادگان، پیشکوه و پشتکوه به ترتیب ۱۸، ۳۷ و ۴۳ درصد می‌باشد (داده‌های منتشر نشده بصیری و ایروانی). در منطقه چادگان اَشکال رویشی فورب‌های چند ساله و نیمه بوته‌ای‌ها به ترتیب با ۵۲ و ۱۳ درصد از کل پوشش گیاهی و در منطقه پیشکوه فورب‌های چند ساله با ۷۵ درصد از کل پوشش گیاهی غالب می‌باشند. اما در منطقه پشتکوه گراس‌های چند ساله غالب بوده و به ترتیب ۲۳/۷ و ۴۰ درصد از پوشش گیاهی به فورب‌ها و گراس‌های چند ساله اختصاص دارد. در اثر قرق درازمدت در منطقه پشتکوه میزان گراس‌های چند ساله در نواحی قرق شده افزایش داشته است (۷ و داده‌های منتشر نشده بصیری و ایروانی).

خاک مراتع مورد مطالعه بافت سنگین و رسی، هدایت الکتریکی کمتر از dS/m ۱ و pH بین ۷ تا ۸ داشته (۱ و۷) و در چهار رده آلفی‌سول، انتی‌سول، مالی‌سول و اینسپتی‌سول و در گروه‌های بزرگ Argixerolls، Calcixerolls، Haploxeralfs، Haploxerepts و Xerorthents قرار دارند (۱).

نمونه برداری و تجزیه خاک‌ها

۱۴ قرق (۴ قرق در چادگان، ۶ قرق در پیشکوه و ۴ قرق در پشتکوه) از قرق‌های مطالعه شده به وسیله وهابی (۷) و بصیری و ایروانی (داده‌های منتشر نشده) که اطلاعات ترکیب و پوشش گیاهی ۱۰ منطقه قرق و مناطق چرا شده مجاور آنها در سال‌های مختلف وجود دارد، انتخاب گردیدند. مساحت قرق‌های مورد مطالعه ۱۰۰۰ متر مربع (۵۰ × ۲۰ متر) بوده و بر روی شیب بین ۱۵ تا ۴۰ درصد با خاک حاصل از مواد مادری آهکی قرار گرفته‌اند. پوشش گیاهی و خاک داخل قرق‌ها و نقاط مجاور چرا شده همگن می‌باشد. در نیمه فصل چرای سال ۱۳۸۳ از داخل قرق‌ها و نقاط مجاور چرا شده آن، ۵ نمونه مرکب (هر نمونه مخلوطی از ۶ نمونه) در دو عمق ۵-۰ و ۱۵-۵ سانتی‌متر و به طور کلی ۲۰ نمونه مرکب برای هر قرق و منطقه چرا شده مجاور آن از سه منطقه مورد مطالعه جمع‌آوری گردید. ویژگی‌های زیر در تمام ۲۸۰ نمونه مرکب جمع‌آوری شده اندازه‌گیری گردید.

کربن آلی خاک به روش واکلی- بلک (۲۵) و نیتروژن کل خاک با استفاده از روش کلدال (۱۱) اندازه‌گیری گردید. کربن توده زنده میکروبی خاک (Microbial biomass carbon) از روش انکوباسیون نمونه تدخین شده با کلروفرم (Chloroform-Fumigation Incubation) اندازه‌گیری گردید (۲۶). به دلیل این‌که نمونه‌های خاک از سه اقلیم متفاوت نمونه برداری گردیدند و در زمان نمونه برداری خاک‌ها خشک بودند، پس از انتقال نمونه‌های خاک به آزمایشگاه، خاک‌ها به مدت ۳ هفته در شرایط حرارت آزمایشگاه و رطوبت در حد ۶۰ درصد ظرفیت نگه‌داری آب خاک انکوباسیون اولیه شدند (۱۸) تا میزان فعالیت میکروبی خاک در حالت پایدار قرار گیرد. ۵۰ گرم از هر نمونه به مدت ۲۴ ساعت با بخار کلروفرم تدخین گردید و پس از افزودن حدود ۰/۲ گرم خاک تدخین نشده به

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.41.9.6]

مدت ۱۰ روز در دمای C °۲۵ و رطوبت در حد ظرفیت نگه‌داری آب در خاک نگه‌داری گردیدند. با استفاده از محلول NaOHگاز CO_2 آزاد شده در اثر تنفس جذب و اندازه‌گیری گردید. هم‌زمان برای هر نمونه تدخین شده یک نمونه خاک هم بدون تدخین شدن به عنوان شاهد در همان شرایط نگه‌داری و میزان CO_2 تولید شده اندازه‌گیری گردید. تفاوت بین دو نمونه تدخین شده و تدخین نشده نشان دهنده میزان کربن آزاد شده از بقایای جامعه میکروبی کشته شده در اثر تدخین کردن می‌باشد. این میزان کربن با اعمال ضریب ۰/۴۵ به کربن توده زنده میکروبی تبدیل گردید (۲۶). با تقسیم کربن توده زنده میکروبی خاک به کربن آلی خاک نسبت کربن توده زنده میکروبی به کربن آلی خاک محاسبه گردید (۱۰ و۳۱). کسر متابولیکی (qCO_2) از تقسیم میزان کربن متصاعد شده از نمونه‌های شاهد مربوط به اندازه‌گیری کربن توده زنده میکروبی خاک که نشان دهنده تنفس پایه خاک می‌باشند به کربن توده زنده میکروبی خاک به دست آمد (۹ و ۲۰).

پس از نرمال نمودن داده‌های دارای چولگی پراکنش، آزمون واریانس (ANOVA) با طرح کاملاً تصادفی نامتعادل انجام گرفته و میانگین داده‌ها با آزمون دانکن مقایسه گردیدند. محاسبات آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS صورت گرفت.

نتایج و بحث

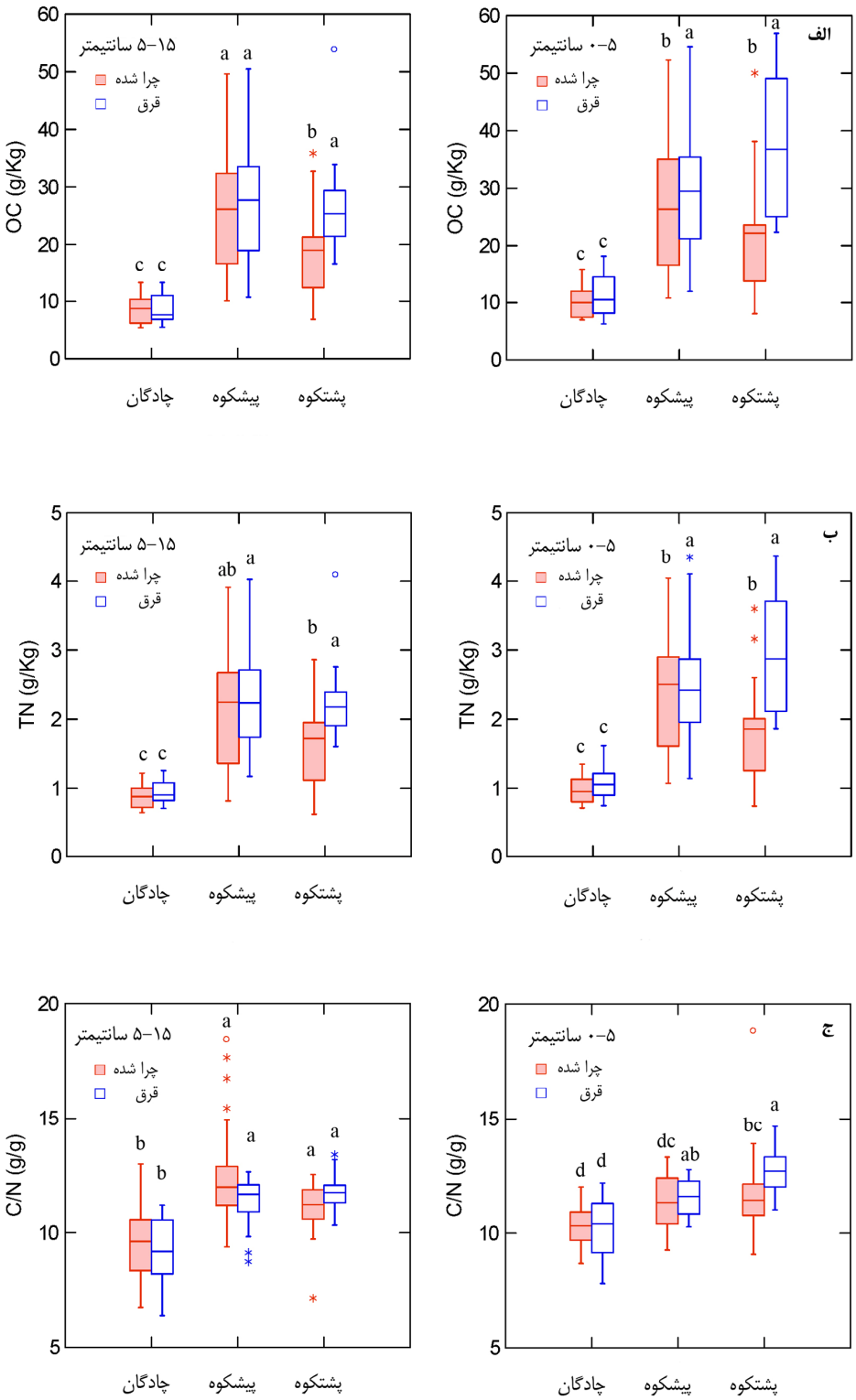
نتایج خصوصیات اندازه‌گیری شده به تفکیک مناطق با اقلیم متفاوت، مدیریت و عمق خاک در شکل‌های ۲ و ۳ ارائه گردیده است. اختلاف شدید و معنی‌داری بین میزان کربن آلی، نیتروژن کل و کربن توده زنده میکروبی خاک در بین مناطق پیشکوه، پشتکوه و چادگان مشاهده می‌گردد این اختلاف در عمق ۵-۰ سانتی‌متر شدیدتر می‌باشد (شکل‌های ۲-الف و ب و ۳-الف و ب). منطقه چادگان با بارندگی متوسط ۳۳۰ میلی‌متر، منطقه‌ای خشک تا نیمه خشک بوده و تولید سرپا (Standing crop) در مناطق قرق و چرا شده به ترتیب ۱۲۵/۴ و ۳۳ کیلوگرم ماده گیاهی خشک در هکتار (۷) می‌باشد. در نتیجه به علت ورودی کم مواد تازه گیاهی به خاک، میزان کربن آلی، نیتروژن کل و کربن توده زنده میکروبی خاک اندک می‌باشد (شکل ۲ و ۳-الف). در حالی که به علت بارندگی بیشتر در مناطق پیشکوه و پشتکوه (۵۰۰ تا ۶۰۰ میلی متر) میزان تولید سرپای گیاهی در این مناطق ۶ تا ۱۶ برابر بیش از منطقه چادگان بوده (۷) و در نتیجه ورودی بیشتر مواد گیاهی به خاک، کربن آلی، نیتروژن کل و کربن توده زنده میکروبی خاک نیز ۲ تا ۳ برابر نسبت به منطقه چادگان افزایش یافته است (شکل‌های۲ و ۳-الف و ب). لی و چن (۲۲) نیز روند کاهش کربن آلی و نیتروژن خاک را با افزایش خشکی در مراتع مغولستان مشاهده نمودند.

هم‌بستگی زیاد میزان کربن آلی، نیتروژن کل خاک و کربن توده زنده میکروبی خاک (جدول ۱) نشان می‌دهد که تغییرات این خصوصیات به هم وابسته بوده و از یک روند تبعیت می‌نمایند. در منطقه چادگان که میزان مواد آلی و ورود بقایای تازه گیاهی کم است، حداقل میزان کربن توده زنده میکروبی مشاهده می‌گردد و با افزایش کربن و نیتروژن خاک در مناطق پیشکوه و پشتکوه میزان آن افزایش می‌یابد. ساگار و همکاران (۳۰) نیز مشاهده کردند که با کاهش ورود مواد آلی تازه به خاک و کاهش میزان کربن و نیتروژن خاک، میزان کربن توده زنده میکروبی خاک نیز کاهش می‌یابد. لی و چن (۲۲) نیز کاهش کربن و نیتروژن توده زنده میکروبی خاک را با افزایش خشکی در عمق‌های ۵-۰ و ۱۰-۵ سانتی‌متری گزارش نموده‌اند.

مدیریت‌های چرا و قرق در هر دو عمق منطقه پشتکوه اختلاف شدید و معنی‌داری دارند. اختلاف بین مدیریت‌های چرا و قرق در منطقه پیشکوه تنها در عمق ۵-۰ سانتی‌متر مشاهده می‌شود، اما این اختلاف به شدت منطقه پشتکوه نمی‌باشد. علی‌رغم این‌که بیشترین مقدار کربن آلی، نیتروژن کل و کربن توده زنده میکروبی خاک در منطقه قرق شده پشتکوه مشاهده می‌گردد اما در نواحی چرا شده اختلاف

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

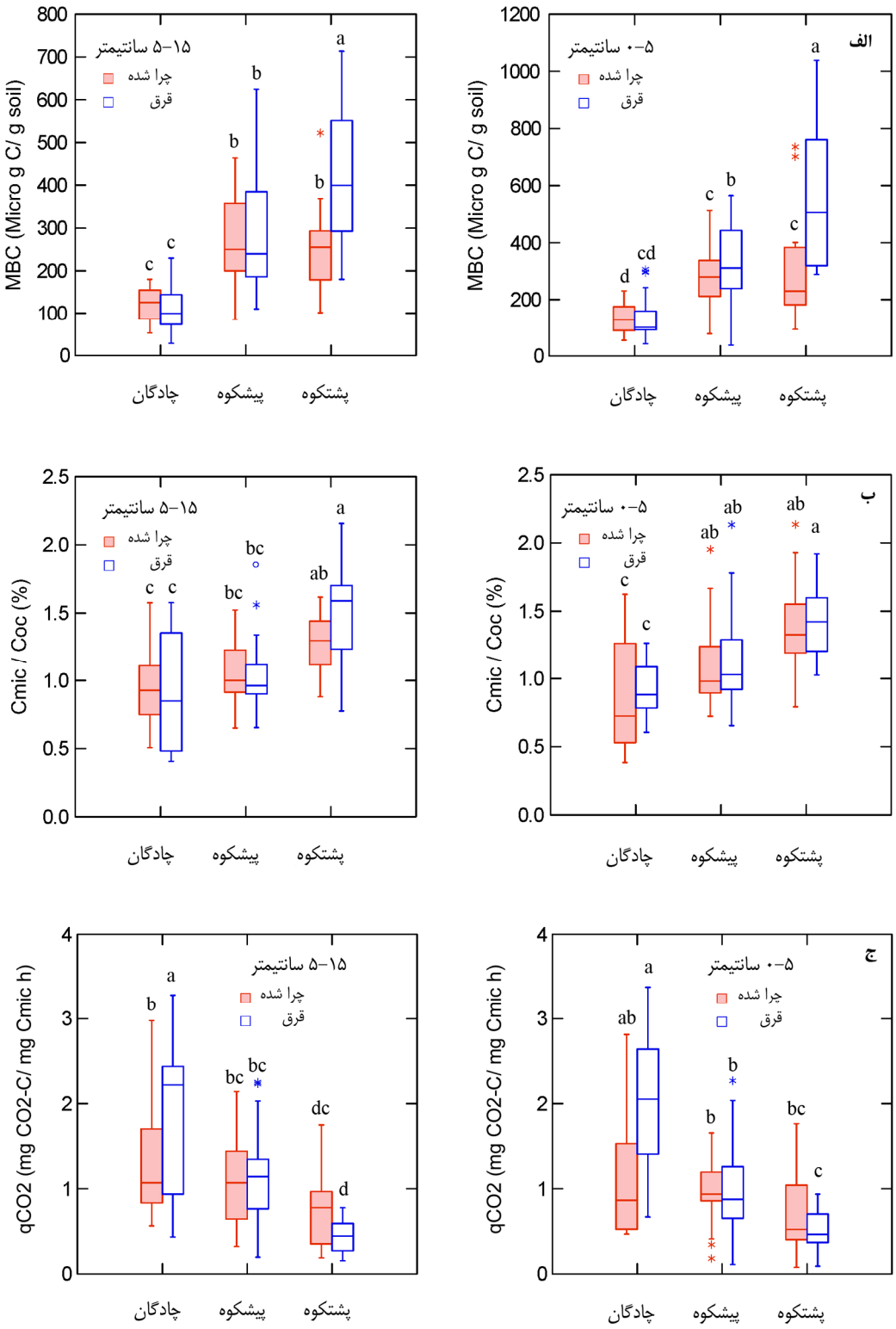
[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.41.9.6]



شکل ۲. توزیع کربن آلی(الف)، نیتروژن کل (ب) و نسبت کربن آلی به نیتروژن (ج) در دو عمق مختلف مناطق چرا و قرق شده سه منطقه مورد مطالعه. مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن انجام شده و حروف مشابه در سطح احتمال ۰/۰۱ آماری فاقد تفاوت معنی‌دار می‌باشند.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.41.9.6]



شکل ۳. توزیع کربن توده زنده میکروبی(الف)، نسبت کربن توده زنده میکروبی به کربن آلی خاک (ب) و کسر متابولیکی (ج) در دو عمق مختلف مناطق چرا و قرق شده سه منطقه مورد مطالعه. مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن انجام شده و حروف مشابه در سطح احتمال ۰/۰۱ آماری فاقد تفاوت معنی‌دار می‌باشند.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.41.9.6]

جدول ۱. ضرایب هم‌بستگی ساده بین متغیرهای مختلف در مناطق چرا شده (قسمت بدون سایه) و تحت قرق (قسمت سایه دار جدول)

	MBC	TN	OC	C/N	C_{mic}/C_{oc}	qCO_2
MBC		۰/۷۸***	۰/۷۶***	۰/۲۵**	۰/۴۰***	−۰/۳۸***
TN	۰/۸۰***		۰/۹۷***	۰/۳۲***	−۰/۰۸ ns	−۰/۱۵ns
OC	۰/۸۱***	۰/۹۸***		۰/۴۹***	−۰/۱۱ns	−۰/۱۳ns
C/N	۰/۵۲***	۰/۶۲***	۰/۷۳***		−۰/۰۶ns	−۰/۰۲ns
C_{mic}/C_{oc}	۰/۶۵***	۰/۲۰*	۰/۲۱*	۰/۲۰*		−۰/۴۳***
qCO_2	−۰/۶۲***	−۰/۵۰***	−۰/۵۱***	−۰/۵۸***	−۰/۴۵***	

*** و ** و * : به ترتیب نشان دهنده سطوح معنی‌دار ۰/۰۰۱ و ۰/۰۱ و ۰/۰۵ می‌باشد.

MBC کربن توده زنده میکروبی خاک، TN نیتروژن کل، OC کربن آلی، C/N نسبت کربن به نیتروژن خاک، C_{mic}/C_{oc} نسبت کربن توده زنده میکروبی به کربن آلی خاک و qCO_2 کسر متابولیکی، می‌باشد

معنی‌داری بین مناطق پیشکوه و پشتکوه مشاهده نمی‌گردد (شکل‌های ۲-الف و ب و ۳-الف). مطالعات متعددی نیز تجمع مواد آلی و افزایش کربن آلی و نیتروژن خاک را در نواحی قرق شده نشان داده‌اند (۵، ۱۶ و ۳۳). رئیسی و اسدی(۲۸) نیز مشاهده کردند علی‌رغم این‌که میزان کربن آلی و نیتروژن در مناطق قرق و چرا شده تغییر معنی‌داری نداشتند اما میزان کربن توده زنده میکروبی به صورت معنی‌داری در نواحی چرا شده کمتر از مناطق قرق شده بود.

خصوصیات اندازه‌گیری شده در دو عمق نواحی چرا و قرق شده منطقه چادگان تفاوت معنی‌داری ندارند و به علت اقلیم نامناسب و تولید کم گیاهی، قرق تأثیر چندانی بر بهبود وضعیت خاک نداشته است. وهابی (۷) نیز نشان داد که در این منطقه جهت بهبود شرایط پوشش گیاهی به قرق‌های دراز مدت بیش از ۲۰ سال نیاز می‌باشد. اما برخلاف منطقه چادگان، قرق درازمدت در مناطق پیشکوه و پشتکوه باعث بهبود شرایط کربن آلی، نیتروژن کل و کربن توده زنده میکروبی خاک گردیده است. مطالعات وهابی (۷) نشان داده است که این دو منطقه پتانسیل بیشتری جهت ترمیم خسارات وارده داشته و حتی قرق به مدت ۵ سال می‌تواند باعث بهبود شرایط پوشش گیاهی و افزایش تولید توده زنده گیاهی گردد.

اجرای طرح کنترل ورود دام جهت استفاده از مراتع براساس ظرفیت آنها در سال‌های اخیر در منطقه پیشکوه نتایج مثبتی به همراه داشته و تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین مدیریت قرق و چرا مشاهده نمی‌گردد. اما در منطقه پشتکوه علاوه برشدت چرای بیشتر نسبت به منطقه پیشکوه، دور بودن از مرکز بخش، توپوگرافی شدید و مجاورت با استان‌های دیگر باعث گردیده است که کنترل کافی اعمال نشده و چرای بیش از اندازه باعث تخریب مراتع این منطقه گردیده است (۳). افزایش تراکم گراس‌های چند ساله در داخل مناطق قرق شده منطقه پشتکوه نیز می‌تواند به عنوان عاملی جهت بهبود وضعیت قرق‌های این منطقه موثر باشد. مطالعات نشان داده است که ریشه گیاهان مرتعی منبع مهمی برای ورود کربن آلی در این خاک‌ها بوده و تغییر در گونه‌های گیاهی می‌تواند در تغییر خصوصیات خاک مهم باشد (۱۹ و ۱۷). در مناطقی که پوشش گیاهی گراس‌های چند ساله وجود دارند میزان لاشبرگ، کربن آلی خاک و توده زنده ریشه‌ای بیشتر می‌باشد (۲۳). بنابراین این گیاهان می‌توانند مقدار زیادی مواد آلی از طریق ریشه‌های خود به خاک اضافه نموده و باعث تغییر در خصوصیات خاک گردند.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.41.9.6]

نسبت کربن آلی به نیتروژن خاک در منطقه چادگان با مناطق دیگر تفاوت معنی‌دار نشان می‌دهد و بین ۶ تا ۱۳ متغیر می‌باشد. در این منطقه که بازگشت بقایای گیاهی تازه به خاک متوقف و یا کند می‌باشد، نسبت کربن آلی به نیتروژن خاک در خاک شباهت بیشتری به نسبت کربن آلی به نیتروژن مواد آلی هوموسی شده پیدا می‌کند (۱۲). در حالی که به علت افزوده شدن مواد تقریباً تازه گیاهی در مناطق پیشکوه و پشتکوه این نسبت بین ۹ تا ۱۸ تغییر می‌کند (شکل ۲-ج). این نسبت در مناطق چرا شده مناطق پشتکوه و پیشکوه در عمق ۵-۰ سانتی‌متر به صورت معنی داری کمتر از منطقه قرق می‌باشد. این اختلافات در منطقه چادگان و هم‌چنین در عمق ۱۵-۵ سانتی‌متر در همه مناطق معنی‌دار نمی‌باشد (شکل ۲-ج). دورمار و ویلمز (۱۶) نیز مشاهده نمودند که با افزایش شدت چرا نسبت کربن آلی به نیتروژن خاک کاهش می‌یابد. چانتون و لاوادو (۱۳) معتقدند که در مراتع قرق شده مقدار زیادی از مواد گیاهی بر روی سطح خاک تجمع یافته و در نتیجه کربن آلی و مواد غذایی به لایه سطحی محدود می‌گردد. اما در مناطق چرا شده علاوه بر ورودی کمتر به علت به هم خوردگی خاک مواد غذایی کمتری روی سطح خاک باقی می‌ماند. بنابراین تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین کربن آلی، نیتروژن کل و نسبت این دو در دو عمق ۵-۰ و ۱۵-۵ سانتی‌متری مناطق پشتکوه و پیشکوه مشاهده می‌گردد. مقادیر کم نسبت کربن آلی به نیتروژن کل خاک در منطقه چادگان نشان می‌دهد که در این منطقه فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک بیشتر به وسیله کمبود کربن خاک محدود شده است. چانتون و لاوادو (۱۳) نشان دادند که در خاک‌هایی که نسبت کربن آلی به نیتروژن بیشتری دارند میکروارگانیسم‌های خاک بیشتر به وسیله کمبود مواد غذایی تحت فشار هستند و کربن آلی عامل محدود کننده نمی‌باشد.

مطالعات اندکی وضعیت نسبت کربن توده زنده میکروبی به کربن آلی خاک را در اراضی مرتعی بررسی نموده است. کمترین و بیشترین نسبت کربن توده زنده میکروبی به کربن آلی خاک به ترتیب در منطقه چادگان و پشتکوه مشاهده می‌گردد. این نسبت در دو عمق مورد بررسی و مدیریت چرا تفاوت معنی‌داری نداشتند و در منطقه چادگان تغییرات شدیدی نشان می‌دهد که ارتباطی با عمق خاک و یا مدیریت چرا در منطقه ندارد (شکل ۳-ب). تغییرات این نسبت در مناطق مختلف نشان دهنده تفاوت در وضعیت این مناطق در اثر اقلیم متفاوت می‌باشد و افزایش این نسبت نشان دهنده بهبود و افزایش کربن آلی فعال (Labile) و در نتیجه کیفیت خاک می‌باشد (۲۰). بنابراین در منطقه چادگان قسمت بیشتری از کربن موجود در خاک از نوع سخت تجزیه شونده بوده و در منطقه پشتکوه به دلیل افزوده شدن مواد آلی تازه و تجزیه پذیر کربن توده زنده میکروبی بیشتری در خاک مشاهده می‌گردد. اسپارلینگ (۳۱) مشاهده نمود که در چراگاه‌هایی که کود نیترون دریافت نکرده بوده و گیاهان لگوم کمی داشتند نسبت کربن توده زنده میکروبی به کربن آلی خاک حتی بیش از چراگاه‌هایی است که دارای گیاهان تثبیت کننده نیتروژن بوده است و چنین نتیجه گرفته‌اند که افزایش این نسبت در اثر تحریک ناشی از ورود کربن آلی به خاک بوده و وضعیت نیتروژن خاک بر این نسبت موثر نیست.

کسر متابولیکی در مناطق با اقلیم متفاوت اختلافات معنی‌داری دارد و کمترین مقدار آن در منطقه قرق شده پشتکوه مشاهده می‌گردد که نشان دهنده کیفیت مناسب کربن آلی در این منطقه است(۹ و ۲۰). مقادیر کسر متابولیکی در منطقه چادگان دارای تغییرات زیادی بوده و بسیاری از خاک‌های این منطقه دارای مقادیری بیش از ۲/۰ می‌باشند (شکل ۳-ج). این عامل نسبت به مدیریت چرا و عمق خاک حساسیت نشان نداده و معنی‌دار نمی‌باشد (شکل ۳-ج). رئیسی و اسدی (۲۸) نیز مشاهده نمودند این عامل تحت تأثیر چرا نبوده و راندمان کربن میکروبی به مدیریت چرا وابسته نیست.

دو فرضیه برای توجیه تفاوت در میزان کسر متابولیکی در مناطق چادگان، پیشکوه و پشتکوه پیشنهاد می‌شود. در فرضیه اول، میزان کسر متابولیکی کمتر نشان دهنده سطح پایین‌تر استرس در جامعه میکروبی در منطقه پشتکوه و استرس شدید

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.41.9.6]

در منطقه چادگان می‌باشد که در این صورت تعیین عامل استرس زا به مطالعات بیشتری نیاز دارد. افزایش کسر متابولیکی به عنوان شاخصی حساس از استرس در اکوسیستم خاک به وسیله تجمع فلزات سنگین، اسیدی شدن خاک، تجمع نمک و یا تغییر شرایط محیطی گزارش شده است (۹ و ۲۰). شرایط محیطی متفاوت از قبیل تفاوت ورود مواد آلی تازه به خاک و کیفیت کربن آلی در مناطق مورد بررسی می‌تواند علت تفاوت در میزان کسر متابولیکی باشد. واردل و قانی (۳۴) استفاده از کسر متابولیکی را به عنوان شاخص اکولوژیکی در همه مطالعات مناسب نمی‌دانند اما معتقدند که این خصوصیت شاخص مناسبی از وضعیت استرس در اکوسیستم می‌باشد.

در فرضیه دوم، کسر متابولیکی کمتر می‌تواند نشان دهنده تغییر در جامعه میکروبی باشد. مدیریتی که باعث افزایش بقایا و لاشبرگ گیاهی بر سطح خاک می‌گردد فعالیت قارچ‌ها را تحریک می‌نماید (۹ و ۲۰). قارچ‌ها حدوداً ۴۴ درصد کربن قابل تجزیه را در داخل توده زنده خود تثبیت می‌کنند در صورتیکه باکتری‌ها ۳۲ درصد کربن را در توده زنده خود تثبیت می‌کنند (۲۰). بنابراین قارچ‌ها دارای راندمان بهتری در تبدیل کربن به توده زنده خود هستند و کسر متابولیکی کمتری دارند (۲۰). افزایش بیشتر مواد الی به سطح خاک در مناطق مرتعی پیشکوه و پشتکوه نسبت به چادگان می‌تواند باعث فعالیت بیشتر جمعیت قارچ‌ها و کاهش کسر متابولیکی در این مناطق گردد. هرچند با داده‌های حاضر امکان بررسی این فرضیه وجود نداشته و نیاز به اندازه‌گیری جمعیت قارچ‌ها و باکتری‌ها به صورت مجزا دارد.

در هر دو منطقه نسبت بین کسر متابولیکی و نسبت کربن توده زنده میکروبی به کربن آلی خاک نسبتاً قوی، منفی و معنی‌دار است. رابطه منفی بین کسر متابولیکی و نسبت کربن توده زنده میکروبی به کربن آلی خاک (جدول ۱) به وسیله محققان دیگری نیز گزارش شده است (۲۷ و۳۴) و نشان می‌دهد که هر چه میزان کسر متابولیکی کاهش می‌یابد، میزان کربن حاصل از تجزیه بیشتر در توده زنده میکروبی تجمع یافته و کمتر به صورت تنفس به هدر می‌رود و راندمان فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک روی کربن سوبسترای موجود بیشتر می‌گردد (۹). این رابطه نشان می‌دهد که بررسی هر دو خصوصیت نسبت کربن توده زنده میکروبی به کربن آلی خاک و کسر متابولیکی در کنار هم می‌تواند شاخص مناسبی برای ارزیابی کیفیت خاک باشد (۹). هم‌بستگی منفی کسر متابولیکی با کربن آلی و نیتروژن کل در منطقه قرق شده نشان می‌دهد که عامل کنترل کننده فعالیت میکروبی خاک مقدار یا کیفیت کربن و نیتروژن خاک می‌باشد در صورتی‌که در مناطق چرا شده چنین رابطه‌ای مشاهده نمی‌گردد و کسر متابولیکی به وسیله عامل دیگری کنترل می‌شود.

هم‌بستگی ساده بین متغیرهای اندازه‌گیری شده به تفکیک در مناطق چرا شده و قرق درازمدت در جدول (۱) ارائه گردیده است. در منطقه قرق شده هم‌بستگی نسبتاً قوی، منفی و معنی‌داری بین کسر متابولیکی و کربن آلی و توده زنده میکروبی خاک، نیتروژن کل خاک و نسبت کربن به نیتروژن مشاهده می‌گردد اما در منطقه چرا شده تنها هم‌بستگی بین کربن توده زنده میکروبی و این خصوصیت معنی‌دار می‌باشد. به عبارت دیگر هرچند تفاوت‌های مشاهده شده بین مدیریت‌های چرا در مناطق پیشکوه و چادگان بارز نبودند اما قرق دراز مدت باعث بهبود خصوصیات خاک، روابط و فرایندهای بین این خصوصیات گردیده است.

نتیجه‌گیری

اقلیم متفاوت و تغییر قابل توجه مقدار پوشش گیاهی و مدیریت چرا در مناطق چادگان، پیشکوه و پشتکوه باعث تغییر در خصوصیات و کیفیت خاک گردیده است. منطقه پشتکوه و پیشکوه به علت بارندگی بیشتر دارای خصوصیات شیمیایی و بیولوژیک بهتری نسبت به منطقه چادگان می‌باشند. به علت اقلیم نامناسب و تولید کم توده زنده گیاهی در منطقه چادگان تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین مناطق قرق و چرا شده مشاهده نمی‌گردد و قرق تأثیر چندانی بر بهبود

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.41.9.6]

وضعیت خاک نداشته است. چرای کنترل شده و شدت چرای ملایم‌تر در منطقه پیشکوه باعث گردیده است که تفاوت معنی‌داری بین خصوصیات خاک در مدیریت‌های چرا و قرق مشاهده نگردد اما شدت چرای بیشتر در منطقه پشتکوه باعث تفاوت شدید بین مناطق چرا و قرق شده گردیده است. استفاده از شاخص‌های بیولوژیکی و اکوفیزیولوژیکی مناسب به نظر رسیده و تفاوت بین کیفیت کربن را به خوبی نشان دادند. در مناطق پیشکوه و پشتکوه به علت افزایش مواد تازه گیاهی فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک شدیدتر بوده و کیفیت کربن خاک مناسب‌تر می‌باشد. در مجموع به نظر می‌رسد مناطق پیشکوه و پشتکوه در صورت مدیریت مناسب می‌توانند به سرعت احیا گردند در حالی که در منطقه چادگان احیای خاک به زمان بسیار طولانی نیاز دارد.

منابع مورد استفاده

۱. بصیری، م.، ا. جلالیان و م. ر. وهابی. ۱۳۶۸. طرح تکثیر بذر و مطالعه رویشگاه گیاهان بومی مرتعی منطقه فریدن. دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲. رئیسی ف.، ا. اسدی و ج. محمدی. ۱۳۸۴. اثر چرای دراز مدت بر پویایی کربن لاشبرگ در اکوسیستم مرتعی سبزکوه استان چهار محال و بختیاری. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۹(۳): ۸۱ – ۹۲.

۳. شاه محمدی. ع. ۱۳۸۲. بررسی اثرات اقتصادی – اجتماعی طرح کنترل ورود دام به مراتع ییلاقی شهرستان فریدون شهر. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۴. کریمی، م. ۱۳۶۶. گزارش آب و هوای منطقه مرکزی ایران (استان‌های چهارمحال و بختیاری، اصفهان و یزد). دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۵. محمدی، م. و ف. رئیسی. ۱۳۸۲. توصیف فراکتالی اثرات قرق درازمدت و چرای مفرط بر الگوی تغییرات مکانی شماری از ویژگی‌های شیمیایی خاک. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۷(۴): ۲۵– ۳۷.

۶. محمدی، ج.، ح. خادمی و م. نائل. ۱۳۸۴. بررسی تغییر پذیری کیفیت خاک سطحی در اکوسیستم‌های انتخابی در منطقه زاگرس مرکزی. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۹(۳): ۱۰۵ – ۱۲۰.

۷. وهابی، م. ر. ۱۳۶۸. بررسی و مقایسه تغییرات پوشش گیاهی، ترکیب گیاهی، تولید علوفه و سرعت نفوذ آب در وضعیت‌های قرق و چرا در منطقه فریدن اصفهان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

8. Alvarez, R. and R.S. Lavado. 1998. Climate, organic matter and clay content relationships in the Pampa and Chaco soils, Argentina. Geoderma 83:127–141.
9. Anderson, T.H. 2003. Microbial eco-physiological indicators to assess soil quality. Agri. Ecosys. Environ. 98: 285-293.
10. Anderson, T.H. and K.H. Domsch. 1989. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. Soil Bio. Biochem. 21:471-479.
11. Bremner, J.M. and C.S. Mulvaney. 1982. Nitrogen total. PP. 595–624. *In*: D.R. Buxton (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical Analysis. American Society of Agronomy Inc. and Soil Science Society of America Inc., Madison, WI.
12. Caravaca, F., G. Masciandaro and B. Ceccanti. 2002. Land use in relation to soil chemical and biochemical properties in a semiarid Mediterranean environment. Soil Till. Res. 68: 23-30.
13. Chaneton, E.J. and R. S. Lavado. 1996. Soil nutrients and salinity after long-term grazing exclusion in a flooding Pampa grassland. J. Range Manage. 49:182-187.
14. Dai, W. and Y. Huang. 2006. Relation of soil organic matter concentration to climate and altitude in zonal soils of China. Catena 65: 87-94.
15. Dalal, R.C. and R.J. Mayer. 1986. Long-term trends of soils under continuous cultivation and cereal cropping in southern Queensland. 1. Overall changes in soil properties and trends in winter cereal yields. Aust. J. Soil Res. 24: 265-279.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.41.9.6]

16. Dormaar, J.F. and W. D. Willms. 1998. Effect of forty-four years of grazing on fescue grassland soils. J. Range Manag. 51:122-126.
17. Dormaar, J.F. and W. D. Willms. 2000. A comparison of soil chemical characteristics in modified rangeland communities. J. Range Manag. 53:453–458.
18. Farrell, R.E., V.Y.S.R. Gupta and J.J. Germida. 1994. Effects of cultivation on the activity and kinetics of arylsulfatase in Saskatchewan soils. Soil Biol. Biochem. 26:1033-1040.
19. Harms, B., R. Dalal and S. Pointon. 2002. Paired sites sampling to estimate soil organic carbon changes following land clearing in Queensland. Proceeding of 17th World Congress of Soil Science, 14-21 August 2002, Thailand, Paper No. 1128.
20. Islam, K.R. and R.R. Weil. 2000. Soil quality indicator properties in mid-Atlantic soils as influenced by conservation management. J. Soil Water Conserv. 54: 69-78.
21. Kinloch, J.E. and M.H. Friedel. 2005. Soil seed reserves in arid grazing lands of central Australia. Part 1, Seed bank and vegetation dynamics. J. Arid Environ. 60:133–161.
22. Li, X. and Z. Chen. 2004. Soil microbial biomass C and N along a climatic transect in the Mongolian steppe. Biol. Fertil. Soils 39:344-351.
23. Mapfumo, E., M.A. Naeth, V.S. Baron, A.C. Dick and D.S. Chanasyk. 2002. Grazing impacts on litter and roots: Perennial versus annual grasses. J. Range Manag. 55: 16-22.
24. Nael, M., H. Khademi and M.A. Hajabbasi. 2004. Response of soil quality indicators and their spatial variability to land degradation in central Iran. Appl. Soil Ecol. 27: 221-231.
25. Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. PP. 539–579. *In*: D.R. Buxton (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 2, Chemical Analysis. American Society of Agronomy Inc. and Soil Science Society of America Inc., Madison, WI.
26. Norwath, W.R. and E.A. Paul. 1994. Microbial biomass. PP. 753-773. *In*: D.R. Buxton, (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 2, Microbiological and Biochemical Properties, SSSA Book Series, No. 5, Madison, WI.
27. Pinzari, F., A. Trinchera, A. Benedetti and P. Sequi. 1999. Use of biochemical indices in the Mediterranean environment: comparison among soils under different forest vegetation. J. Microbiol. Methods 36: 21–28.
28. Raiesi, F. and E. Asadi. 2006. Soil microbial activity and litter turnover in native grazed and ungrazed rangelands in a semiarid ecosystem. Biol. Fertil. Soils 43:76-82.
29. Rice, C.W. and C.E. Owensby. 2000. The effects of fire and grazing on soil carbon in rangelands. PP. 323-342. *In*: R.F. Follet, J.M. Kimble and R. Lal (Eds.), The Potential of U.S. Grazing Lands to Sequester Carbon and Mitigate the Greenhouse Effect. CRC Press, Boca Raton.
30. Saggar, S., C.B. Hedley and G.J. Salt. 2001. Soil microbial biomass, metabolic quotient, and carbon and nitrogen mineralisation in 25-year-old *Pinus radiata* agroforestry regimes. Aust. J. Soil. Res. 39: 491-504.
31. Sparling, G.P. 1992. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. Aust. J. Soil Res. 30: 195-207.
32. Stevenson, F.J. and M.A. Cole. 1999. Cycles of Soil. John Wiley and Sons Inc., New York.
33. Su, Y.Z., H.L. Zhao, T.H. Zhang and X.Y. Zhao. 2004. Soil properties following cultivation and non-grazing of a semi-arid sandy grassland in northern China. Soil Till. Res. 75:27-36.
34. Wardle, D.A. and A. Ghani. 1995. A critique of the microbial metabolic quotient (qCO_2) as a bioindicator of disturbance and ecosystem development. Soil Bio. Biochem. 27: 1601-1610.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.41.9.6]