

تغییرات حاصلخیزی خاک در منطقه‌ی میان کوه شهر کرد در پی تخریب جنگل‌های بلوط

یاسر صفری*: استادیار گروه علوم خاک، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود
 زهرا نوری: دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان
 محمد رحمانیان: استادیار گروه علوم خاک، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچه‌ی مقاله (تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۳/۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۴/۱۶)

DOR: 20.1001.1.22517812.1400.11.2.7.7

چکیده

تغییر کاربری اراضی، راهکاری آسان است که کشاورزان به صورت گسترده از آن در راستای یافتن منابع جدید برای تولید بیشتر محصولات کشاورزی استفاده می‌کنند. جنگل تراشی از بارزترین شکل‌های تغییر کاربری اراضی به ویژه در بخش‌های جنوب غربی ایران است. در پژوهش حاضر تلاش شد با بررسی تغییرات واکنش خاک، درصد مواد آلی، نیتروژن کل، فسفر قابل دسترس و پتاسیم تبادل‌ی خاک تحت پوشش سه کاربری جنگل نیمه‌متراکم بلوط، کشت دیم گندم و اراضی دیم رها شده (بایر) در منطقه‌ی میان کوه در جنوب غربی شهر کرد، اثر تغییر کاربری اراضی بر حاصلخیزی خاک بررسی شود. برای این منظور، ۳۰ نمونه خاک سطحی (لایه‌ی صفر تا ۲۵ سانتی‌متر) برداشت و مقادیر ویژگی‌های مورد اشاره در آنها اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه‌ی واریانس، گویای اثر معنی‌دار نوع کاربری اراضی بر تمامی ویژگی‌های مورد بررسی به جز واکنش خاک بود. تبدیل اراضی جنگلی به دیم‌زار سپس رهاسازی آنها، به کاهش مقادیر میانگین مواد آلی خاک از ۲/۳۳ به ۱/۰ درصد و کاهش میانگین نیتروژن کل خاک از ۰/۱۱ به ۰/۰۵ درصد منجر شد؛ در حالی که مقادیر فسفر با کاهش جزئی همراه بود و مقادیر پتاسیم تبادل‌ی خاک در اثر تغییر کاربری اراضی از ۶۱۵/۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم در اراضی جنگلی به ۶۳۳/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم در دیم‌زار افزایش یافت. معنی‌دار شدن نتایج آزمون چندمتغیره‌ی هاتلینگ در تأیید و تکمیل نتایج مقایسه‌های میانگین، بر تأثیر نامطلوب تغییر کاربری بر کیفیت حاصلخیزی اراضی منطقه‌ی مورد مطالعه دلالت داشت. به نظر می‌رسد در مقایسه با تغییر کاربری اراضی از جنگل نیمه‌متراکم بلوط به کشت دیم گندم، رهاسازی اراضی دیم خسارت‌های بیشتری را متوجه کیفیت خاک خواهد کرد. همچنین نتایج نشان داد که به دلیل پیچیدگی محیط خاک، مقایسه‌ی خاک‌های تحت کاربری‌های متفاوت بر حسب هر خصوصیت خاک به‌طور جداگانه، الزاماً به نتایج قابل اعتمادی منتهی نخواهد شد، بلکه روش‌های آماری چندمتغیره‌ای مانند آزمون هاتلینگ، با ماهیت پیچیده و مرکب خاک سازگاری بیشتری دارند.

واژگان کلیدی: تخریب خاک، تغییر کاربری اراضی، جنگل تراشی، دیم‌کاری، کیفیت خاک.

۱- مقدمه

خاک با تأمین بیش از ۹۵ درصد مواد غذایی مورد نیاز انسان، از مهم‌ترین عوامل تضمین‌کننده‌ی بقای بشر بر کره‌ی خاکی است (Hurni et al, 2015). رشد روزافزون جمعیت و نیاز به تولید غذای بیشتر برای تضمین امنیت غذایی جمعیت در مقیاس جهانی، فشار فزاینده‌ای بر منابع خاک در پی داشته‌است (Rojas et al, 2016). گذشته از به‌کارگیری شیوه‌های نوین برای اجرای عملیات متداول کشاورزی و افزایش نهاده‌ها به خاک برای دستیابی به تولید بیشتر و بهبود عملکرد محصولات زراعی پرمصرف، تغییر کاربری اراضی در راستای یافتن منابع جدید خاکی برای کشت محصولات از مهم‌ترین راهکارهای مورد استفاده در دهه‌های اخیر برای پاسخگویی به نیاز غذایی روزافزون بشر بوده‌است (Osman, 2014). این در حالی است که امروزه به لطف تجربیات ارزشمند قبلی، آشکار است که اراضی بر حسب خصوصیات ذاتی خود تنها برای استفاده‌های خاصی قابل کاربرد هستند و کشت و کار در برخی اراضی نه تنها به عملکرد قابل قبول محصولات منجر نخواهد شد، بلکه تخریب اراضی و خارج شدن آنها از چرخه‌ی تولید را نیز در پی خواهد داشت (Tajri et al, 2015 & Rojas et al, 2016)؛ حال آن که پیش‌شرط پایداری تولیدات غذایی و افزایش آنها طی کشت و کار بر روی منابع خاک، حفظ پتانسیل فعلی تولید اراضی و جلوگیری از تخریب خاک است.

تغییر کاربری اراضی در شمار مهم‌ترین مسائل مدیریتی است که در اغلب موارد، تخریب خاک را به روش‌های مختلف در پی دارد (Yousefifard et al, 2007 & Osman, 2014 & Boroumand et al, 2015 & Taghipour et al, 2019 & Salari et al, 2015). در این میان، جنگل‌تراشی و اختصاص دادن اراضی جنگلی به دیگر کاربری‌ها از رایج‌ترین شیوه‌های تغییر کاربری محسوب می‌شود (Hurni et al, 2015 & Nasiri et al, 2019 & Salari et al, 2019). طی این روند، تا کنون بخش‌های وسیعی از اراضی حاصلخیز و سودآور در سراسر جهان از جمله کشور عزیزمان ایران، قابلیت استفاده‌ی خود را از دست داده و به اراضی بایر و عامل مشکلات زیست‌محیطی همچون فرسایش خاک و تولید گرد و غبار تبدیل شده‌است (Roozitalab et al, 2018). Nasiri و همکاران (۲۰۱۹) چنین گزارش کردند که با تخریب جنگل‌های بلوط منطقه‌ی دشت مختار یاسوج و دیم‌کاری، ضمن کاهش قابل ملاحظه‌ی ویژگی‌های کلیدی حاصلخیزی خاک از جمله درصد مواد آلی و ظرفیت تبادل‌ی خاک، در نتیجه کاهش تخلخل آن، جرم مخصوص ظاهری خاک از ۱/۰۴ به ۱/۲۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب افزایش یافت. Molaei Arpnaei و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی اثر تغییر کاربری جنگل‌های بلوط منطقه‌ی بازفت استان چهارمحال و بختیاری چنین دریافتند که با تنک‌شدن جنگل و در ادامه زیر کشت رفتن بخشی از اراضی، اغلب ویژگی‌های خاک و در رأس آنها درصد مواد آلی و تخلخل خاک با نابودی قابل توجهی همراه می‌شوند. با مقایسه‌ی مقادیر شاخص‌های کلیدی کیفیت خاک اراضی جنگلی با اراضی تغییر کاربری یافته در منطقه‌ی یاسوج، Askari و همکاران (۲۰۱۹) چنین هشدار دادند که تداوم کاهش کیفیت اراضی در اثر تخریب گسترده‌ی جنگل‌های بلوط منطقه، می‌تواند به تشدید تغییرات اقلیمی مضر در آینده‌ای نزدیک منجر شود.

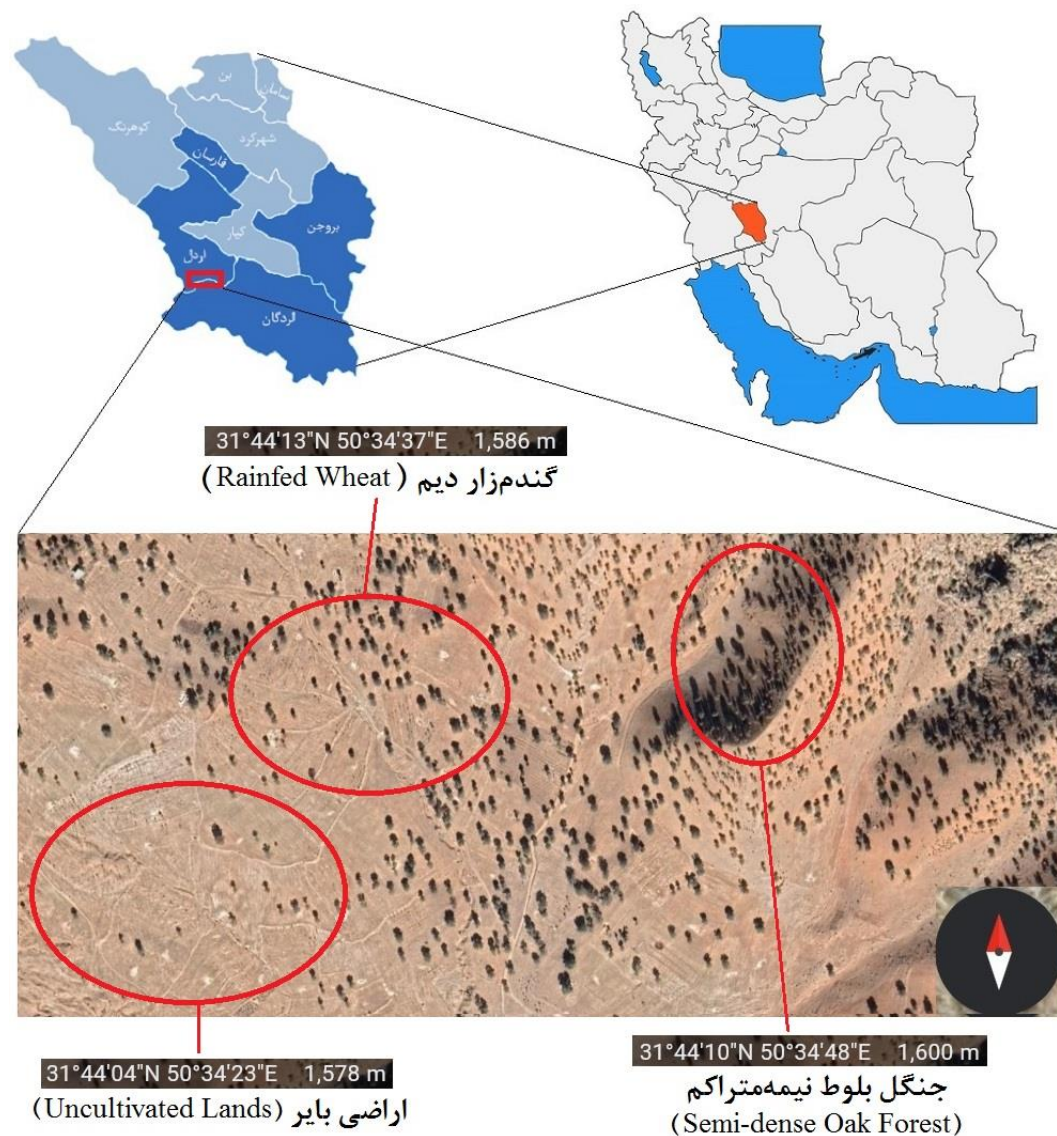
معضل جنگل‌تراشی در بخش‌هایی از کشور از جمله مناطق روستایی - که نظارت دقیق و سرسختانه‌ی سازمان‌های مرتبط بر آن کمتر ممکن بوده‌است - نمود بیشتری داشته و به تخریب گسترده‌ی اراضی جنگلی در دهه‌های اخیر منجر شده‌است. این اراضی پس از جنگل‌تراشی، عموماً به کشت محصولات زراعی به‌ویژه کشت دیم اختصاص می‌یابند

(Askari et al, 2019 & Molaei Arpnaehi et al, 2020). از سوی دیگر، با توجه به مواردی همچون تغییرات اقلیمی گسترده و عموماً زیان‌بار، تغییر ساختار جمعیتی جوامع شهری و روستایی، پیشرفت‌های مرتبط با صنعت و فن‌آوری، کاهش عملکرد محصولات زراعی ناشی از تداوم به‌کارگیری سامانه‌های سنتی کشاورزی به‌ویژه در مناطق روستایی و در نهایت، کاهش نزولات جوی در بخش‌های مختلف کشور طی سالیان اخیر و به تبع آن، کاهش عملکرد محصولات و سودآوری اراضی دیم، بسیاری از اراضی کشاورزی و به‌طور ویژه اراضی تحت کشت گیاهان دیم در مناطق کم‌بارش کشور، به‌صورت بایر به حال خود رها شده‌اند. این مسأله می‌تواند به‌عنوان فاز دوم تخریب اراضی، کاهش بیش از پیش کیفیت خاک را در پی داشته باشد و با تشدید نابودی خاک، این اراضی به مرور زمان به اراضی تبدیل شده که برای تولید محصولات غیرقابل استفاده می‌باشد (Yousefifard et al, 2007)؛ البته بی‌شک نوع عملیات مدیریت اراضی و شرایط محیطی از جمله اقلیم منطقه‌ی مورد مطالعه، بر درجه‌ی کاهش و تخریب اراضی رهاشده مؤثر است (Salari et al, 2019).

با توجه به موارد ذکرشده، کمی‌سازی روند تغییرات ویژگی‌های اساسی کنترل‌کننده‌ی کیفیت خاک در پی تغییرات کاربری اراضی جنگلی، می‌تواند اطلاعات سودمندی در راستای کنترل روند فزاینده‌ی تخریب خاک در اختیار برنامه‌ریزان کاربری اراضی قرار دهد. پژوهش حاضر می‌کوشد روند تغییرات عناصر غذایی مهمی مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم و نیز تغییرات واکنش خاک و درصد مواد آلی خاک را به‌عنوان مهم‌ترین شاخص‌های تعیین‌کننده‌ی کیفیت حاصلخیزی خاک، طی تغییر کاربری اراضی جنگل‌های بلوط منطقه‌ی میان‌کوه واقع در جنوب غربی شهرکرد، به کشت دیم گندم سپس اراضی بایر بررسی کند.

۲- منطقه‌ی مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه در ۱۵۰ کیلومتری جنوب‌غربی شهرکرد و حدود طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۳۴ دقیقه‌ی شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۴۴ دقیقه‌ی شمالی قرار دارد (شکل ۱). ارتفاع متوسط منطقه از سطح دریا، ۱۵۹۰ متر است و بر اساس آمار ایستگاه هواشناسی سینوپتیک لردگان - که با فاصله‌ی تقریبی ۶۰ کیلومتر نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به منطقه‌ی میان‌کوه است - متوسط بارندگی و دمای سالانه‌ی منطقه به ترتیب، ۴۳۹/۵ میلی‌متر و ۱۶/۳ درجه‌ی سانتی‌گراد است (Chaharmahal-Va-Bakhtiari Meteorological Administration, 2020). جنگل‌های بلوط نیمه‌متراکم (تخریب‌شده)، عمده پوشش گیاهی طبیعی منطقه را شامل می‌شود که متأسفانه در دهه‌های گذشته، بخش‌هایی از آن به‌منظور تولید چوب و کمک به اقتصاد اهالی منطقه و بخش‌هایی دیگر، به‌منظور مسطح کردن اراضی و کشت گیاهان زراعی، دچار درجات متفاوتی از تخریب شد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه همراه با تصویر ماهواره‌ای (Google LLC, 2020)

۳- مواد و روش

اطلاعات دقیقی از وضعیت خاک‌های منطقه و طبقه‌بندی آنها در دسترس نیست. اما در مجموع، بیشتر اراضی منطقه حالت تپه‌ای دارد و شیب متوسط آن بیش از ۱۰ درصد است؛ از این رو، امکان اجرای کشت آبی به‌ویژه با استفاده از روش آبیاری سطحی در عمده اراضی منطقه وجود ندارد و کشت دیم محصولات زراعی، از دیرباز مهم‌ترین کاربری اراضی منطقه و رایج‌ترین راهکار امرار معاش ساکنان این منطقه بوده است. گندم دیم رایج‌ترین گیاه زراعی کشت شده در اراضی منطقه است و پس از آن کشت دیم جو و کشت آبی برنج در نواحی مشخص و محدودی از این منطقه، رایج‌تر از سایر محصولات است. افزودن انواع کودهای دامی به خاک و به مقدار کمتر، کودهای شیمیایی از رایج‌ترین عملیات کشاورزی در منطقه است. کاهش نزولات جوی در منطقه‌ی میان کوه طی سالیان اخیر، به کاهش عملکرد محصولات دیم منجر شده و با قرار دادن سودآوری اراضی دیم منطقه در هاله‌ای از ابهام، بی‌رغبتی نیروی کار بومی

جوان در این منطقه به کشاورزی و در نهایت، رهاسازی بخش‌هایی از اراضی دیم منطقه به صورت بایر را در پی داشته است.

برای اجرای این پژوهش از لایه‌ی سطحی (ضخامت صفر تا ۲۵ سانتی‌متری) خاک‌های تحت پوشش جنگل نیمه‌متراکم (تخریب‌شده) بلوط، کشت دیم گندم و اراضی بایر، هر کدام ۱۰ نمونه برداشت شد. پس از هواخشک کردن نمونه‌ها و حذف سنگ و سنگ‌ریزه و بقایای گیاهی موجود در آنها، خاک‌ها از الک دو میلی‌متری عبور داده شد. در ادامه، بافت خاک به روش هیدرومتر (Bouyoucos, 1962)، واکنش خاک در گل اشباع (McLean, 1982)، نیتروژن کل به روش کج‌دال (Bremner and Mulvaney, 1982)، مواد آلی به روش سوزاندن تر (Nelson and Sommers, 1982)، فسفر قابل دسترس به روش اولسن (Olsen and Sommers, 1982) و پتاسیم تبادل‌پذیر با استفاده از استات آمونیوم (Knudsen et al, 1982) در نمونه‌های خاک اندازه‌گیری شد. پس از بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف - اسمیرنوف، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از روش مقایسه‌ی میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن و در محیط نرم‌افزاری Spss نسخه‌ی ۲۱ صورت گرفت و برای تهیه‌ی نمودارهای مربوطه، از نرم‌افزار اکسل نسخه‌ی ۲۰۱۳ استفاده شد. برای اجرای ارزیابی چندمتغیره‌ی ویژگی‌های خاک، ابتدا از آزمون باکس برای آزمودن فرض برابری واریانس‌ها استفاده شد. در ادامه با توجه به عدم معنی‌دار بودن آماره‌ی به دست آمده برای این آزمون، فرض برابری واریانس‌های مجموع متغیرهای مورد بررسی در سه نوع کاربری، تأیید و آزمون هاتلینگ در حالت برابری واریانس‌ها انجام شد (Mohammadi, 2006). آزمون هاتلینگ، حالت بسط‌یافته‌ی آزمون t است که برای مقایسه‌ی همزمان چند جامعه از دیدگاه چند صفت کاربرد دارد (Zarinibahador et al, 2015). فرض صفر این آزمون، برابری مقادیر میانگین هر یک از متغیرهای مورد بررسی در تمامی جوامع است. در نتیجه، رد شدن این فرض و معنی‌دار شدن نتایج آزمون هاتلینگ، بر متفاوت بودن جوامع مورد مطالعه از یکدیگر دلالت دارد (Mohammadi, 2006).

۴- یافته‌ها (نتایج)

جدول ۱، خلاصه‌ی آماری ویژگی‌های عمومی خاک‌های منطقه‌ی مورد مطالعه را نشان می‌دهد. خاک‌های منطقه‌ی میان‌کوه دارای مقادیر نسبتاً بالایی از رس است (جدول ۱) که به بافت متوسط تا نیمه‌سنگین خاک منجر شده است. همچنین همانند اغلب خاک‌های مناطق نیمه‌مرطوب کشور، میانگین مقادیر واکنش خاک در خاک‌های منطقه‌ی مورد مطالعه، بالاتر از هفت است و تا حدی، حالت قلیایی را در خاک پدید می‌آورد. در عین حال، بالا بودن نسبی مقادیر انحراف معیار و درصد ضریب تغییرات برای مواد آلی خاک و عنصر غذایی مهم نیتروژن در این پژوهش، می‌تواند بر اثرپذیری توزیع خصوصیات حاصلخیزی خاک از عوامل مدیریتی دلالت داشته باشد (Nasiri et al, 2019).

جدول ۱: توصیف آماری شاخص‌های حاصلخیزی خاک‌های منطقه‌ی مورد مطالعه

ویژگی خاک	میانگین	حد اقل	حداکثر	انحراف معیار	ضریب تغییرات (درصد)
رس (درصد)	۲۵/۲۰	۱۸/۹۰	۳۲/۱۰	۲/۹۰	۱۱/۵۰
شن (درصد)	۳۶/۳۰	۲۸/۴۰	۴۷/۲۰	۴/۵۸	۱۲/۶۲
کربنات کلسیم معادل (درصد)	۲۵/۶۰	۲۰/۵۰	۳۳/۱۰	۳/۴۰	۱۳/۳۰
واکنش خاک	۷/۵۰	۷/۲۳	۷/۹۲	۰/۲۰	۲/۷۲
مواد آلی (درصد)	۱/۶۲	۰/۳۴	۲/۸۶	۰/۶۷	۴۱/۵۵
نیتروژن کل (درصد)	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۱۴	۰/۰۴	۴۱/۷۵
فسفر قابل دسترس (میلی گرم بر کیلوگرم)	۲۸/۰۲	۲۴/۷۴	۳۰/۹۹	۱/۸۲	۶/۴۹
پتاسیم تبادل (میلی گرم بر کیلوگرم)	۶۱۰/۱۸	۵۲۴/۴۰	۷۱۰/۲۷	۴۹/۸۲	۸/۱۶

چنین گزارش شده است که چنانچه حد بحرانی عنصر غذایی فسفر در خاک، برابر با ۱۵ میلی گرم بر کیلوگرم در نظر گرفته شود، آن گاه بیش از ۷۰ درصد از خاک‌های کشورهای کمبود این عنصر مواجه است (Shahbazi and Besharati, 2013). بر این اساس، خاک‌های منطقه‌ی مورد مطالعه از نظر مقدار فسفر قابل دسترس محدودیتی ندارد (جدول ۱). با توجه به رونق نسبی دامداری در منطقه، عبور دام‌ها از اراضی و افزودن انواع کودهای دامی به خاک طی دهه‌های گذشته، می‌تواند وضعیت نسبتاً مطلوب فسفر خاک را توجیه کرد. به طریق مشابه، با لحاظ داشتن حد آستانه‌ی ۱۸۰ میلی گرم بر کیلوگرم به عنوان حد کمبود عنصر غذایی پتاسیم در خاک‌های کشور (Shahbazi and Besharati, 2013)، مشاهده می‌شود که خاک‌های منطقه‌ی میان کوه از نظر این عنصر مهم در وضعیت مطلوبی به سر می‌برد (جدول ۱).

جدول ۲، نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به ویژگی‌های بررسی شده را در پژوهش حاضر نشان می‌دهد. مطابق با نتایج ارائه شده در این جدول، تغییر کاربری اراضی در سطح احتمال ۵ درصد، بر تمامی ویژگی‌های مورد بررسی به غیر از واکنش خاک اثر معنی‌داری داشته است.

جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های برگزیده‌ی حاصلخیزی خاک در انواع مختلف کاربری اراضی

ویژگی خاک	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	ضریب تغییرات (%)
واکنش خاک	۲	۰/۰۱۹	۰/۴۵۵ ^{ns}	۰/۵۴
درصد مواد آلی	۲	۴/۵۴۴	۳۰/۷۱۹ ^{**}	۹/۱۵
نیتروژن کل	۲	۰/۰۰۸	۱۶/۵۹۵ ^{**}	۱/۲۵
فسفر قابل دسترس	۲	۲۳/۴۸۸	۱۵/۸۱۳ ^{**}	۵/۳۰
پتاسیم تبادل	۲	۶۷۲۲/۴۶۶	۳/۷۸۷ ^{**}	۱۹/۰۹

^{**} و ^{ns} به ترتیب بیانگر معنی‌دار شدن و معنی‌دار نشدن در سطح احتمال ۰/۰۱ است.

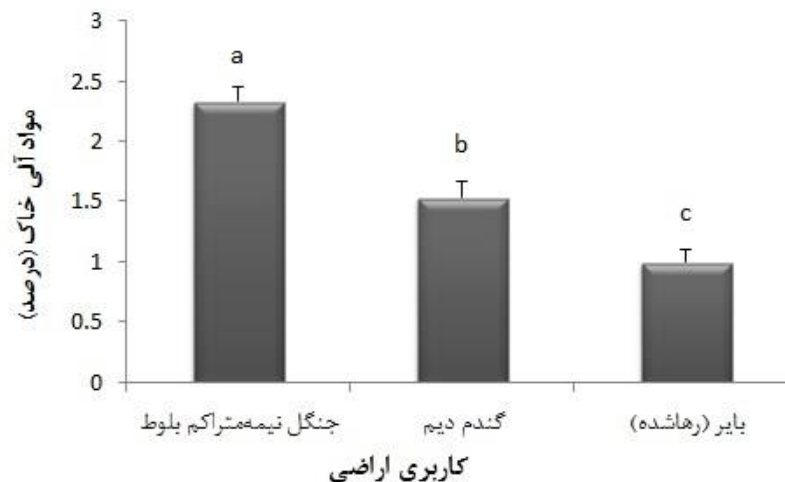
اثر تغییر کاربری بر واکنش خاک

تخریب جنگل‌های بلوط در منطقه‌ی میان کوه و زیر کشت بردن اراضی، اثر معنی‌داری بر واکنش خاک ندارد (جدول ۲). این نتیجه در حالی حاصل شده‌است که بر اساس اطلاعات به‌دست آمده از کشاورزان بومی منطقه و اجرای مشاهدات میدانی، اراضی مورد بررسی از نظر نوع بقایای آلی دریافتی، کودها و سایر افزودنی‌های کشاورزی و عملیات مختلف مدیریت اراضی متفاوت هستند. به نظر می‌رسد همچون دیگر خاک‌های واقع در نواحی نیمه‌خشک تا نیمه‌مرطوب کشور، خاک‌های منطقه‌ی مورد مطالعه نیز در پی داشتن مقادیر نسبتاً بالای کربنات کلسیم، ظرفیت بافری بالایی دارد و در برابر تغییرات واکنش خاک چندان حساس نمی‌باشد. در انطباق با این یافته‌ها، Molaei Arpnaei و همکاران (۲۰۲۰) چنین گزارش کردند که در پی تخریب جنگل‌های بلوط منطقه‌ی بازفت و به دلیل کاهش شدت اضافه شدن بقایای آلی و عمدتاً اسیدی درختان جنگلی به خاک سطحی، واکنش خاک در اراضی جنگلی بالاتر از سایر اراضی بود؛ با این وجود مشابه با یافته‌های پژوهش حاضر، میان واکنش خاک در اراضی جنگل نیمه‌متراکم با اراضی زراعی دیم تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. به طریق مشابه، Nasiri و همکاران (۲۰۱۹) به مقایسه‌ی مقادیر واکنش خاک در اراضی جنگل متراکم بلوط با اراضی جنگلی کم‌تراکم و اراضی زیر کشت دیم پرداختند و تغییرات جزئی (کوچک‌تر از ۰/۱ واحد) و غیر معنی‌دار واکنش خاک در این سه نوع کاربری را به ظرفیت بالای بافری خاک - که ناشی از وجود مقادیر نسبتاً زیاد رس و کربنات در خاک است - نسبت دادند. همچنین، Taghipour و همکاران (۲۰۱۵) چنین گزارش کردند که کشت طولانی‌مدت گیاه آفتابگردان در خاک‌های منطقه‌ی خوی، به ایجاد تغییرات معنی‌داری در واکنش خاک‌های آن منطقه در مقایسه با خاک‌های غیر زراعی مجاور منجر نشده که دلیل آن بالا بودن ظرفیت بافری خاک‌های منطقه است.

اثر تغییر کاربری بر درصد مواد آلی خاک

شکل ۲، مقایسه‌ی مقادیر میانگین مواد آلی خاک را در سه کاربری مورد بررسی نشان می‌دهد. درصد مواد آلی خاک در اراضی تحت پوشش کاربری جنگل نیمه‌متراکم بلوط، بالاتر از دو کاربری دیگر بود و با تغییر کاربری اراضی به کشت گندم دیم سپس رهاسازی این اراضی به حال خود به صورت بایر، مقدار این ویژگی در خاک با کاهش چشمگیری مواجه شده‌است (شکل ۲)؛ به گونه‌ای که مقایسه‌ی میانگین‌های این سه کاربری گویای تفاوت معنی‌دار آنها در سطح ۵ درصد بود. با توجه به ریشه‌های نه‌چندان عمیق گیاه گندم، به‌طور قطع بقایای گیاهی و مواد آلی حاصل از تجزیه‌ی آنها در بخش‌های سطحی خاک‌های تحت پوشش این کاربری جمع می‌شود؛ حال آن‌که زیر و رو شدن هر ساله‌ی خاک طی عملیات کشت گیاه و در نتیجه مخلوط شدن لایه‌های زیرین خاک - که عموماً حاوی مقادیر ناچیزی از مواد آلی است - با خاک لایه‌ی سطحی، به کاهش نسبی محتوای مواد آلی خاک منجر شده‌است. ذکر این امر نیز لازم است که با توجه به توزیع نامناسب الگوی بارندگی در منطقه و بارش بسیار اندک در فصل تابستان، خاک سطحی در اراضی دیم بسیار متراکم شده‌است و کشاورزان هر ساله در هنگام اولین بارش پاییزی با شخم زدن نسبتاً عمیق، خاک را برای بذریابی آماده می‌کنند. مطابق با این یافته‌ها، Nasiri و همکاران (۲۰۱۹) چنین بیان کردند که مخلوط شدن لایه‌ی حاصلخیز سطحی خاک با لایه‌های زیرسطحی طی عملیات شخم در اراضی زراعی دیم، به کاهش عمده‌ی کلیدی‌ترین ویژگی‌های حاصلخیزی خاک منجر می‌شود. Boroumand و همکاران (۲۰۱۵) دریافتند

که با تغییر کاربری بخشی از اراضی منطقه‌ی زرین آباد ساری به شالیزار یا کشت دیم، کربن آلی خاک به ترتیب با کاهش ۴۶ و ۳۸ درصدی همراه شد که مهم‌ترین دلایل پایین‌تر بودن کربن آلی در خاک تحت کشت دیم در مقایسه با خاک جنگلی، شکسته شدن خاکدانه‌های حاوی کربن آلی طی عملیات شخم و در نتیجه هدررفت آن و ورودی کمتر مواد آلی به خاک در اراضی زراعی بود.



شکل ۲: اثر نوع کاربری اراضی بر مواد آلی خاک

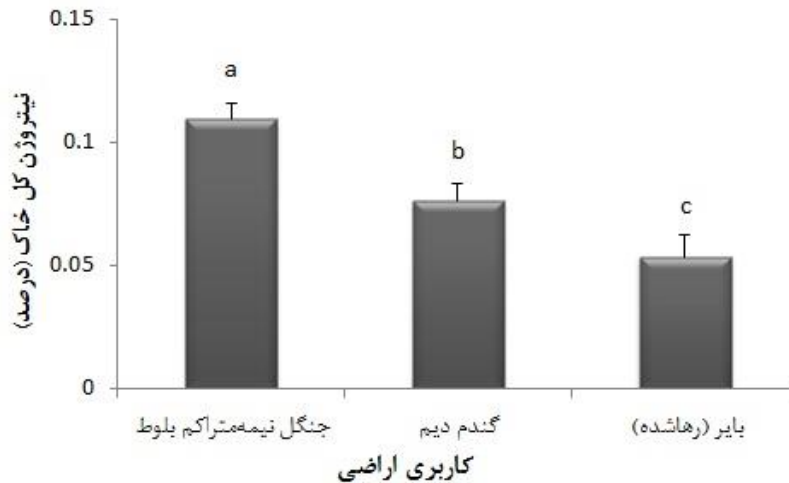
(حروف انگلیسی غیر مشابه، بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن است).

از سوی دیگر، رهاسازی اراضی دیم به حال خود به تشدید کاهش درصد مواد آلی خاک منجر شده است (شکل ۲). به نظر می‌رسد مهم‌ترین دلیل این مشاهده، دریافت مقادیر کمتر بقایای گیاهی در خاک‌های سطحی اراضی بایر در مقایسه با اراضی زراعی است. طی دو تا سه دهه‌ی گذشته، پس از رهاسازی اراضی دیم کاری به دلیل کاهش سودآوری این اراضی که خود عمدتاً ناشی از کاهش نزولات جوی و فقدان سامانه‌های مکانیزه و هوشمند کشاورزی در منطقه بود، بوته‌های پراکنده و گیاهان کم‌تراکم خودرو، پوشش غالب این اراضی را تشکیل می‌دهد. بنابراین مشخص است که این اراضی، مواد آلی چندانی از محیط دریافت نکرده و پایین بودن درصد مواد آلی در این خاک‌ها تا حدی قابل انتظار است. در انطباق با این یافته‌ها، Khademi و همکاران (۲۰۰۶) چنین گزارش کردند که در پی تغییر کاربری اراضی منطقه‌ی بروجن در استان چهارمحال و بختیاری از مراتع قرق به کشت دیم سپس رهاسازی اراضی دیم، درصد مواد آلی خاک با کاهش حدود سه برابری مواجه شده است.

اثر تغییر کاربری بر نیتروژن کل خاک

مقایسه‌ی تأثیر نوع کاربری اراضی بر مقادیر میانگین نیتروژن کل خاک، در شکل ۳ ارائه شده است. مطابق با روند تغییرات مواد آلی خاک (شکل ۲)، مقدار نیتروژن کل خاک در اراضی تحت پوشش کاربری جنگل بلوط نیمه‌متراکم بیش از دو کاربری دیگر بود و با تغییر کاربری اراضی به کشت گندم دیم سپس رهاسازی این اراضی به حال خود به صورت بایر، مقدار این ویژگی در خاک با کاهش چشمگیری مواجه شد (شکل ۳). با توجه به چرخه‌ی مطلوب‌تر و کامل‌تر عناصر غذایی طی بازگشت بقایای گیاهی به خاک و تجزیه‌ی آنها در خاک‌های جنگلی، بالاتر بودن مقدار نیتروژن کل خاک در اراضی تحت پوشش جنگل نیمه‌متراکم بلوط معقول به نظر می‌رسد. همچنین احتمال هدررفت

بخشی از نیتروژن خاک در اثر شکسته شدن خاکدانه‌ها طی عملیات کشت و کار نیز وجود دارد (Yousefifard et al, 2007 & Boroumand et al, 2015). از سویی، با توجه به آن که برداشت نمونه‌های خاک در پایان فصل رشد گندم انجام شد، احتمال می‌رود که بخش قابل ملاحظه‌ای از نیتروژن خاک در اراضی تحت پوشش گندم دیم توسط گیاه از خاک جذب شده باشد و در نتیجه، مقدار نیتروژن اندازه‌گیری شده در این خاک‌ها تا حدی کمتر از متوسط واقعی این عنصر در اراضی دیم منطقه باشد.



شکل ۳: اثر نوع کاربری اراضی بر نیتروژن کل خاک

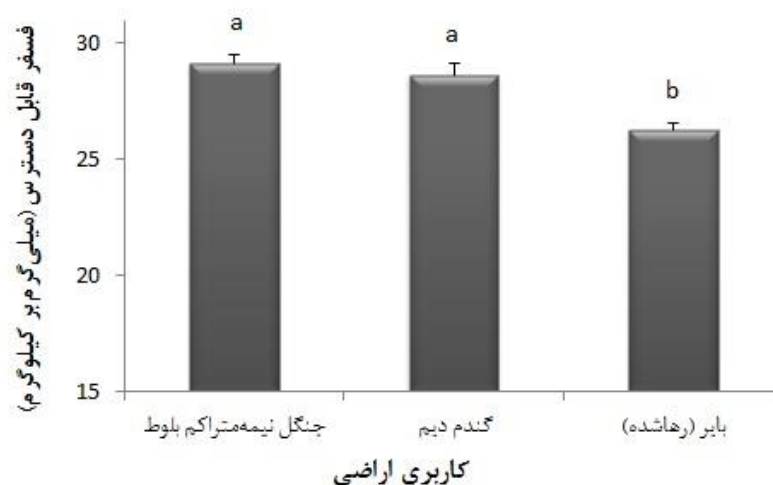
(حروف انگلیسی غیر مشابه، بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن است).

در مقایسه با اراضی بایر (رهاشده) که عموماً تحت هیچ گونه عملیات مدیریتی قرار نمی‌گیرند، اراضی دیم مقادیر بیشتری از مواد آلی را از طریق افزایش کودهای دامی به خاک، یا ریزش ساقه، کاه و کلش گندم بر روی خاک دریافت می‌کنند و احتمالاً به همین دلیل و در پی معدنی شدن بخشی از مواد آلی دریافتی، نیتروژن کل در این خاک‌ها در مقایسه با خاک‌های رهاشده بالاتر است. در همین ارتباط، Salari و همکاران (۲۰۱۹) با مقایسه‌ی مقادیر نیتروژن موجود در ذرات رس، سیلت و شن خاک‌های اراضی تحت کشت گندم دیم و اراضی رهاشده به مدت ۱۵ تا ۴۰ سال، مشاهده کردند که مقادیر این شاخص برحسب اقلیم منطقه‌ی مورد مطالعه و عملیات مدیریتی انجام شده در اراضی زراعی یا رهاشده، با افزایش یا کاهش روبه‌رو بوده‌است. Besharati و Shahbazi (۲۰۱۳) نیز معتقدند که نیتروژن کل خاک در شمار حساس‌ترین ویژگی‌های خاکی نسبت به تغییرات اقلیمی و تنوع راهکارهای مدیریت اراضی است. Askari و همکاران (۲۰۱۹)، توزیع نیتروژن کل خاک را تابع مستقیم تراکم و نوع پوشش گیاهی منطقه و در نتیجه مقدار مواد آلی در خاک می‌دانند. بنابراین، می‌توان بیان کرد که تفاوت در مدیریت اراضی منطقه‌ی مورد مطالعه، عامل اصلی تغییرات قابل ملاحظه‌ی نیتروژن کل خاک در اراضی منطقه است.

اثر تغییر کاربری بر فسفر قابل دسترس خاک

شکل ۴، مقایسه‌ی مقادیر میانگین فسفر قابل دسترس خاک را در سه کاربری مورد بررسی نشان می‌دهد. چنان که از نتایج موجود در شکل ۴ مشخص است تخریب اراضی تحت پوشش جنگل بلوط و تبدیل آنها به دیم‌زار، به کاهش جزئی و غیر معنی‌دار مقدار فسفر قابل دسترس خاک منجر شده؛ حال آن که رهاسازی اراضی زراعی به تشدید این

کاهش و در نتیجه معنی دار شدن آن انجامیده است. در پژوهشی مشابه، Boroumand و همکاران (۲۰۱۵) چنین گزارش کردند که تبدیل اراضی جنگلی به کشت دیم در منطقه‌ی زرین آباد ساری نه تنها به کاهش فسفر خاک منجر نشده، بلکه در پی مصرف گسترده‌ی کودهای فسفره توسط کشاورزان محلی، فسفر قابل دسترس خاک با افزایشی حدود چهار برابری همراه بوده است. به هر حال، با در نظر گرفتن حد ۱۵ میلی گرم بر کیلوگرم به عنوان حد بحرانی فسفر برای خاک‌های کشور (Shahbazi and Besharati, 2013)، می توان اظهار داشت که تغییر کاربری جنگل‌های بلوط منطقه به کشت دیم سپس بایر، بر کیفیت خاک از نظر در دسترس بودن فسفر برای رشد گیاهان اثر جبران‌ناپذیری در پی نداشته است. در انطباق با این یافته‌ها، Yousefifard و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که با تبدیل اراضی مرتعی به دیم‌زار، گیاهان به برداشت فسفر از خاک می‌پردازند و به این دلیل مقدار فسفر خاک به حدود نصف کاهش می‌یابد؛ ولی با رهاسازی دیم‌زار به حالت بایر نه تنها مقدار فسفر خاک بلکه درصد مواد آلی خاک نیز با افزایش نسبی همراه می‌باشد. با این وجود، این پژوهشگران توسعه‌ی یک اکوسیستم سالم و پویا را در اراضی رهاسازی شده ناممکن می‌دانستند؛ این امر به دلیل پررنگ بودن فرآیندهای تخریبی در این اراضی بود.



شکل ۴: اثر نوع کاربری اراضی بر فسفر قابل دسترس خاک

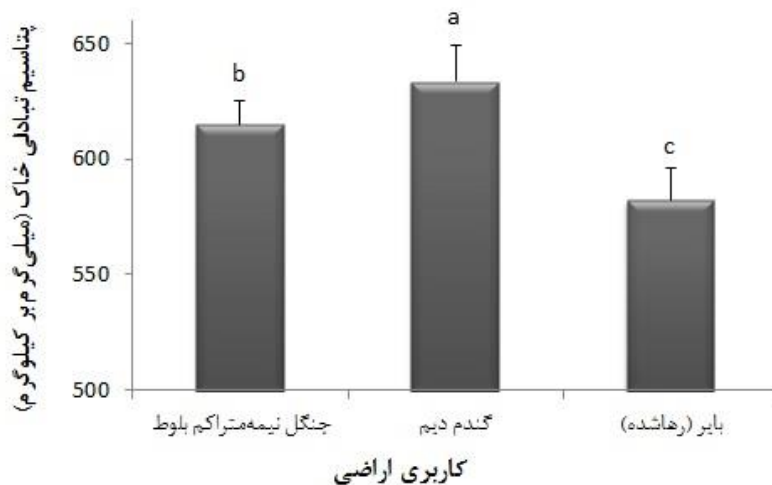
(حروف انگلیسی غیر مشابه، بیانگر تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن است).

به نظر می‌رسد کودهای دامی اضافه شده به خاک اراضی زراعی توسط کشاورزان منطقه‌ی میان کوه، به تقویت منابع فسفر خاک و نگهداشت مقادیر فسفر قابل دسترس خاک دیم‌زارهای این منطقه در حد اراضی جنگلی منجر شده است. ذکر این امر لازم است که در دهه‌های گذشته که تولید گندم در منطقه‌ی میان کوه از صرفه‌ی اقتصادی بالاتری برخوردار بود، کشاورزان منطقه از کودهای شیمیایی (به ویژه کودهای فسفره و ازته) برای تقویت حاصلخیزی خاک دیم‌زارها بهره می‌بردند، ولی به مرور زمان کودهای دامی به عنوان منبعی در دسترس و رایگان، جایگزین کودهای شیمیایی شد. همچنین نظر به تأثیر قابل توجه کربنات‌های کلسیم بر توزیع شکل‌های مختلف فسفر در خاک، به نظر می‌رسد که وجود مقادیر نسبتاً بالای این ترکیبات در خاک‌های منطقه (جدول ۱)، عاملی مؤثر در تعدیل اثر عوامل مدیریتی بر تغییرات فسفر خاک باشد. مطابق با این گفته‌ها، Tajri و همکاران (۲۰۱۵) با مشاهده‌ی کاهش مقادیر فسفر

کل و افزایش فسفر معدنی خاک طی تغییر کاربری اراضی از جنگل طبیعی به استفاده‌ی زراعی در منطقه‌ی توشن استان گلستان، وجود کربنات کلسیم در خاک‌های آن منطقه را عامل اصلی کنترل‌کننده‌ی فراهم شدن فسفر در خاک گزارش کردند.

اثر تغییر کاربری بر پتاسیم تبادلی خاک

نتایج بررسی تأثیر نوع استفاده از اراضی بر پتاسیم تبادلی خاک، در شکل ۵ ارائه شده‌است. طی روندی متفاوت از الگوی تأثیرپذیری درصد مواد آلی و نیتروژن کل خاک از نوع کاربری اراضی، تخصیص اراضی جنگلی تخریب‌شده به کشت گندم دیم، افزایش محسوس و معنی‌دار پتاسیم تبادلی خاک را رقم زده‌است (شکل ۵). البته مشابه با بیشتر ویژگی‌های مورد بررسی در این پژوهش، در میان انواع کاربری‌های اراضی، کمترین مقادیر پتاسیم تبادلی خاک در اراضی بایر (رهاشده) مشاهده شد. با توجه به کوچک بودن نسبی مقیاس مکانی مطالعه‌ی پژوهش حاضر، تفاوت مقادیر عنصر غذایی پتاسیم در مواد مادری و خاک تولید شده از آن نمی‌تواند عامل مهمی برای توجیه تغییرات پتاسیم تبادلی خاک در کاربری‌های مختلف قلمداد شود. به طریق مشابه، تغییرات جزئی و غیرمعنی‌دار واکنش خاک در اراضی مورد مطالعه می‌تواند گواهی بر فقدان دخالت مؤثر این ویژگی کلیدی خاک بر الگوی تغییرات پتاسیم در خاک‌های منطقه باشد؛ از این رو، به نظر می‌رسد عوامل مدیریتی و به‌طور مشخص، اضافه شدن بقایای گیاهی و کودهای دامی به خاک می‌تواند عامل اصلی تفاوت در میزان پتاسیم تبادلی در خاک‌های منطقه‌ی مورد مطالعه باشد. در تعارض نسبی با این یافته‌ها، Askari و همکاران (۲۰۱۹) مشاهده کردند که با تغییر کاربری اراضی جنگل‌های متراکم بلوط در منطقه‌ی یاسوج به کشت دیم، مقدار پتاسیم خاک از ۷۸۲/۵ به ۶۵۰/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم کاهش یافته‌است.



شکل ۵: اثر نوع کاربری اراضی بر پتاسیم تبادلی خاک

(حروف انگلیسی غیر مشابه، بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن است).

از سوی دیگر، ذکر این نکته لازم است که در تقابل با کاهش کیفیت خاک اراضی جنگلی در اثر تغییر کاربری، به‌کارگیری تکنیک‌های مدیریتی هوشمندانه در سطح مزرعه می‌تواند تا حد زیادی در جبران و تعدیل اثرات زیان‌بار

تخریب جنگل‌ها مفید باشد. در همین ارتباط چنین گزارش شده‌است که با وجود کاهش قابل توجه کیفیت خاک در پی تغییر کاربری اراضی از جنگل به کشت دیم در آرژانتین، شدت کاهش کیفیت خاک، تابع نوع کشت و الگوی مدیریت بقایای گیاهی در سطح مزرعه است (Villarino et al, 2017). نتایج پژوهشی مشابه نیز اثر مدت زمان رهاسازی اراضی به حالت بایر را بر تغییرات ویژگی‌های خاک نشان می‌دهد؛ به گونه‌ای که بعد از رهاسازی بخشی از اراضی دیم‌زار استان چهارمحال و بختیاری به مدت ۸ سال، مشاهده شد که درصد نیتروژن کل خاک تغییر محسوسی نکرد و درصد مواد آلی خاک در مقایسه با اراضی تحت کشت مداوم، حدود ۲۰ درصد افزایش داشت (Yousefifard et al, 2007).

تجزیه واریانس چندمتغیره‌ی ویژگی‌های خاک

مقایسه‌ی میانگین‌های هر یک از متغیرهای مورد بررسی، اطلاعات مفیدی در مورد روند تغییرات مقادیر همان ویژگی مشخص خاک - که ناشی از تغییر کاربری اراضی است - فراهم می‌آورد (Tajri et al, 2015). حال آن‌که به کارگیری چنین اطلاعاتی به عنوان داده‌های ورودی سامانه‌های مدیریت اراضی، مستلزم در نظر گرفتن خاک به صورت محیطی تک‌متغیره است؛ در حالی که به وضوح مشخص است تغییرپذیری‌های مکانی و زمانی اجتناب‌ناپذیر عوامل مؤثر بر تشکیل و تکامل خاک و به تبع آن تغییرپذیری ویژگی‌های متعدد خاک، این جزء حیاتی اکوسیستم را به محیطی چندمتغیره تبدیل می‌کند (Osman, 2014)؛ برای نمونه، با توجه به کاهش معنی‌دار مقادیر نیتروژن کل خاک با تبدیل جنگل‌های بلوط منطقه‌ی مورد مطالعه در پژوهش حاضر به دیم‌زار سپس رهاسازی آنها، می‌توان بیان کرد که جنگل‌تراشی و رهاسازی اراضی به کاهش مقادیر نیتروژن کل خاک منتهی می‌شود. اما آشکار است که مقدار نیتروژن کل خاک، تنها شاخص تعیین‌کننده‌ی کیفیت خاک یا حتی کیفیت حاصلخیزی خاک نیست و در کنار آن، توجه به دیگر عناصر غذایی یا ویژگی‌های شیمیایی خاک نیز اهمیت دارد (Khademi et al, 2006). در حقیقت، با توجه به اثرات متفاوت و گاهی متضاد تغییر کاربری بر حاصلخیزی خاک در این پژوهش (بدون تغییر ماندن، افزایش یا کاهش مقادیر ویژگی‌ها در پی تغییر کاربری اراضی)، اظهارنظر قطعی در مورد تأثیر تغییر کاربری اراضی بر حاصلخیزی خاک با توجه جداگانه به روند تغییرات هر ویژگی امکان‌پذیر نیست و بررسی جامع تغییرات تمامی ویژگی‌های خاک الزامی به نظر می‌رسد. در این زمینه، بهره‌گیری از تکنیک‌های آماری چندمتغیره - که به نظر می‌رسد به دلیل پیچیدگی محاسبات مربوطه، کمتر در مطالعات علوم خاک توسعه یافته‌است - راهگشا می‌باشد. Zarinibahador و همکاران (۲۰۱۵)، بر مبنای تعدادی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک به مقایسه‌ی دو جهت شیب جنوبی و شمالی پرداختند و از نتایج آزمون چندمتغیره‌ی هاتلینگ استفاده کردند. آنها بر اساس معنی‌دار شدن نتایج این آزمون چنین بیان کردند که وقتی تمامی ویژگی‌های خاک به صورت هم‌زمان با هم قابل توجه قرار گیرند، دو خاک واقع در دو جهت مختلف شیب از همدیگر متفاوت هستند. نتایج آزمون هاتلینگ برای متغیرهای مورد بررسی در پژوهش حاضر، در جدول ۳ ارائه شده‌است.

جدول ۳: نتایج تجزیه واریانس چندمتغیره‌ی ویژگی‌های خاک در انواع مختلف کاربری اراضی

P-value	درجه آزادی خطا	F	آماره‌ی هاتلینگ	آزمون آماری
۰/۰۰۰	۲۳	۱۰/۵۸۴	۴/۸۱۱	Hotelling's Trace

معنی‌دار شدن نتایج آزمون هاتلینگ ($P\text{-value} < ۰/۰۵$) در این پژوهش (جدول ۳)، گویای آن است که خاک‌های تحت پوشش سه نوع کاربری جنگل نیمه‌متراکم بلوط، کشت گندم دیم و اراضی بایر بر اساس توجه هم‌زمان به تمام ویژگی‌های اندازه‌گیری شده، می‌توانند متفاوت قلمداد شوند. بایستی توجه شود که بر اساس نتایج تجزیه واریانس به‌عنوان راهکار آماری تک‌متغیره، در مقادیر ویژگی‌های فسفر قابل دسترس و واکنش خاک طی تغییرات کاربری اراضی تغییرات قابل ملاحظه و معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین، روند تغییرات مقادیر پتاسیم تبادلی خاک برعکس الگوی تغییرات درصد مواد آلی و نیتروژن کل خاک، ناشی از تبدیل اراضی جنگلی به دیم‌زار سپس رهاسازی آنها بود؛ حال آن‌که این موارد نتوانسته است کاهش چشمگیر درصد مواد آلی و نیتروژن کل خاک را در اراضی تغییر کاربری-یافته خنثی کند؛ به بیان دیگر، نتایج آزمون چندمتغیره‌ی هاتلینگ نیز در تأیید و تکمیل نتایج مقایسات میانگین، بر تأثیر نامطلوب تغییر کاربری بر کیفیت حاصلخیزی اراضی منطقه‌ی مورد مطالعه دلالت دارد.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

خاک‌های منطقه‌ی میان کوه واقع در جنوب غربی شهرکرد، دارای مقدار نسبتاً مناسبی مواد آلی (میانگین: ۱/۶۲ درصد) است و در پی تجمع نسبی کربنات‌ها، واکنش خاک قلیایی دارند. این خاک‌ها دارای مقادیر کم تا متوسطی از نیتروژن است و توزیع این عنصر غذایی در آنها، به نوع مدیریت اراضی بستگی شدیدی دارد. در پی تغییر کاربری اراضی جنگلی منطقه به کشت دیم گندم و در پی آن رهاسازی اراضی زراعی به دلیل کاهش سودآوری آنها، مقادیر درصد مواد آلی و نیتروژن کل خاک به کمتر از نصف کاهش یافت. خاک‌های مورد مطالعه، مقادیر نسبتاً بالایی از فسفر قابل دسترس دارد و از بین بردن جنگل‌های نیمه‌متراکم بلوط و تغییر کاربری اراضی به کشت گندم دیم سپس رهاسازی اراضی دیم‌کاری، به کاهش شدید فسفر منجر نشده‌است. از سویی با تغییر کاربری اراضی از جنگل بلوط به کشت گندم دیم، احتمالاً به دلیل افزایش کودهای دامی به خاک، مقدار پتاسیم تبادلی در خاک با افزایش معنی‌داری همراه بود. با اجرای آزمون چندمتغیره‌ی هاتلینگ با هدف تلفیق اثرات متفاوت و گاه متضاد تغییر کاربری اراضی بر ویژگی‌های حاصلخیزی خاک مشخص شد که خاک‌های تحت پوشش کاربری‌های مختلف، بر اساس توجه هم‌زمان به تمام ویژگی‌های اندازه‌گیری شده از همدیگر متفاوت هستند. روند تنزل ویژگی‌های کلیدی حاصلخیزی خاک به تبع از تغییرات کاربری اراضی، هشدار جدی در مورد احتمال تخریب بیش از پیش خاک‌های منطقه‌ی مورد مطالعه و خارج شدن آنها از چرخه‌ی تولید است.

منابع

1. Askari, S.; Owliaie, H. R.; Safari, Y.; & m. Sedghi Asl, 2019. Spatial variability of some soil fertility characteristics as affected by land use change, Yasouj region, *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 9(1), 65-81 (in Persian).
2. Boroumand, M.; Bahmanyar, M. A.; Ghajar Sepanlou, M.; & S. Salek Gilani, 2015. Evaluation of the effects of land use change from forest areas into agricultural lands on some chemical properties of soil (Case study: Zarin Abad, Sari, Iran), *Physical Geography Research*, 47(3), 435-449 (in Persian).
3. Bouyoucos, G. J., 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils, *Agronomy Journal*, 54(5), 464-465.
4. Bremner, J. M., & C. S. Mulvaney., (1982). Nitrogen-Total. In: Page, A. L., Miller, R. H., Keeney, D.R. (Eds). *Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties*. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Wisconsin. pp. 595-624.
5. Chaharmahal-Va-Bakhtiari Meteorological Administration, 2020. Shahrekord Synoptic Meteorological Station. Available online at <http://www.chaharmahalmet.ir/en/dataarchive.asp>. (visited February 15, 2020).
6. Google LLC. Google Earth. Accessed September 3, 2020.
7. Hurni, H.; Giger, M.; Liniger, H.; Mekdaschi Studer, R.; Messerli, P.; Portner, B.; Schwilch, G.; Wolfgramm, B.; & T. Breu, 2015. Soils, agriculture and food security: the interplay between ecosystem functioning and human well-being, *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 15, 25-34.
8. Khademi, H.; Mohammadi, J.; & M. Nael, 2006. Comparison of some soil quality indices in different types of land managements in Boroujen area, Chaharmahal-Va-Bakhtiari Province, *Scientific Journal of Agriculture*, 29(3), 111-124 (in Persian).
9. Knudsen, D.; Peterson, G. A.; & P. F. Pratt, 1982. Lithium, Sodium and Potassium. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (Eds). *Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties*. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Wisconsin. pp. 225-246.
10. McLean, E. O., 1982. Soil pH and Lime Requirement. In: Page, A. L., Miller, R. H., Keeney, D. R. (Eds). *Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties*. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Wisconsin. pp. 199-224.
11. Mohammadi, J., 2006. *Classical Statistics*. Pelk, Tehran. 532 p. (in Persian).
12. Molaei Arpnahe, M.; Salehi, M. H.; Karimian Eghbal, M.; & Z. Mosleh, 2020. Effect of land-use change on some physical and chemical indices of soil quality in the Bazoft region, (Chaharmahal-Va-Bakhtiari Province), *Journal of Water and Soil*, 34(3), 707-720 (in Persian).
13. Nasiri, E.; Owliaie, H. R.; Safari, Y.; & M. Sedghi Asl, 2019. Geostatistical assessing of some soil properties variability due to the oak land deforesting in Mokhtar plain, Yasouj. *Applied Soil Research*, 7(3), 83-97 (in Persian).
14. Nelson, D. W., & L. E. Sommers., (1982). Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter. In: Page, A. L., Miller, R. H., Keeney, D. R. (Eds). *Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties*. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Wisconsin. pp. 539-579.
15. Olsen, S. R., & L. E. Sommers., (1982). Phosphorus. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (Eds). *Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties*. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Wisconsin. pp. 403-430.
16. Osman Kh, T., 2014. *Soil Degradation, Conservation and Remediation*. Springer, New York. 251 p.

17. Rojas, R. V.; Achouri, M.; Maroulis, J.; & L. Caon, 2016. Healthy soils: a prerequisite for sustainable food security, *Environmental Earth Sciences*, 75, 180.
18. Roozitalab, M. H.; Siadat, H.; & A. Farshad, 2018. *The Soils of Iran*. Springer, Switzerland. 265 p.
19. Salari, S.; Pajouhesh, M.; Tahmasebi, P.; & F. Nikookhah, 2019. The effect of interaction of land abandonment and climate conditions on restoration of organic matter in primary soil particles in the rangeland of steppe regions, *Journal of Water and Soil*, 33(3), 431-443 (in Persian).
20. Shahbazi, K., & H. Besharati., (2013). Overview of agricultural soil fertility status of Iran. *Journal of Land Management*. 1(1), 1-15 (in Persian).
21. Taghipour, A.; Rezapour, S.; Dovlati, B.; & R. Hamzenejad, 2015. Effects of land use changes on some soil chemical properties in Khoy, West Azerbaijan Province, *Journal of Water and Soil*, 29(2), 418-431 (in Persian).
22. Tajri, S.; Baranimotlagh, M.; Khormali, F.; & F. Kiani, 2015. Effect of land use change on inorganic phosphorus pools in loess derived soils of the Toshan region, Golestan Province, *Journal of Water and Soil*, 29(2), 453-465 (in Persian).
23. Villarino, S. H.; Studdert, G. A.; Baldassini, P.; María Cendoya, M. G.; Ciuffoli, L.; Mastrangelo, M.; & G. Piñeiro, 2017. Deforestation impacts on soil organic carbon stocks in the semiarid Chaco region, Argentina, *Science of the Total Environment*, 575, 1056-1065.
24. Yousefifard, M.; Khademi, H.; & A. Jalalian, 2007. Decline in soil quality as a result of land use change in Cheshmeh Ali region, Chaharmahal Bakhtiari province, *Journal of Agricultural Sciences and Natural Recourses*, 14(1), 28-38 (in Persian).
25. Zarinbahador, M.; Nabiollahi, K.; & M. Norouzi, 2015. Influence of different slope aspects on some soil properties and forest soils evolution (Case study: Rostam Abad region, Guilan Province), *Journal of Water and Soil*, 29(3), 648-662 (in Persian).

Variations of Soil Fertility Following the Oak Deforestation in Miankoooh Region, Shahrekord

Yaser Safari¹: Assistant professor, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood

Zahra Noori: Ph.D Candidate in Soil Science, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan

Mohammad Rahmanian: Assistant professor, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Yasouj, Yasouj

Article History (Received: 2021/05/22

Accepted: 2021/07/07)

Extended abstract

1- Introduction

Land-use change has been extensively considered by farmers as an easily available approach with the aim of finding new resources for producing more agricultural products. Deforestation, the most common type of land-use change, has led to the extensive parts of productive lands in different parts of the world being highly degraded. Rainfed farming can be listed as one of the most important substitutes for the forests which have been destroyed. In this scenario, as time goes on, the productivity of the land might be decreased due to the problems arising out of inappropriate land management strategies or inexorable climate changes, leading to the lands being abandoned. Given the prevalence of this issue in the Southwest part of Iran, the present study aimed to monitor the changes of selected soil fertility properties following the oak deforestation in the Miankoooh region, Southwest Shahrekord City.

2- Methodology

The study area is located in 31° 44' N and 50° 34' E, 150 kilometers far from Shahrekord City, Southwest Iran. The area has a semi-arid climate with an annual average temperature and rainfall of 16.3 °C and 439.5 mm, respectively. This area is naturally covered with semi-dense oak forests, considerable parts of which have been partly destroyed and then assigned to rainfed wheat by local farmers. A substantial loss in crop yield in recent decades, mainly due to the decreased precipitation, has persuaded the young farmers to abandon the less productive lands. Aimed at assessing the impact of land-use change on soil fertility, a total of 30 surface soil samples (0–25 cm) were collected from the lands under wheat cultivation, semi-dense oak forest, and abandoned lands. The soil samples were air-dried and sieved through a 2-mm sieve and then analyzed for soil pH, organic matter content (OM), total nitrogen (N), available phosphorus (P), and exchangeable potassium (K) using standard methods. The data was statistically analyzed applying the Duncan test at the probability level of 5%, one-way ANOVA, and the multivariate approach of the Hotelling test.

3- Results

The studied soils contained a fairly high content of clay and can be classified as alkaline soils, possibly due to their relatively high content of calcium carbonates. A high soil buffering capacity caused by the accumulation of calcium carbonates in surface layers would have contributed to enabling the studied soil to undergo different uses without any significant changes in soil pH. Following the land-use change from oak forest to rainfed wheat and then to abandoned (uncultivated) lands, soil organic matter and total nitrogen decreased from 2.33% and 0.11% to 1.0% and 0.05%, respectively. This observation may be arisen out of the fact that the soils under wheat cultivation

¹ Corresponding Author: yaser.safari@shahroodut.ac.ir

receive a relatively deep plowing almost every year, which can substantially reduce the percentage of soil total N or OM by mixing the rich surface layer of the soil with the less enriched subsurface layer. As far as the abandoned soil is considered, receiving the negligible inputs of organic matter caused a further decrease in soil total N and OM. The investigated soils benefited from acceptable amounts of available P so that the insignificant fall in their P contents due to land-use change may not affect their fertility potential. When it comes to K, unlike soil OM and N, it significantly rose from 615.0 mg/kg in forest lands to 633.4 in the soils under wheat cultivation. It appears that the addition of manure to surface soil by local farmers has provided a good source of this important nutrient. Applying the multivariate approach of the Hotelling test aimed at simultaneous comparing of different land-use types according to all of the studied soil properties, it was observed that the three types of land use investigated could be considered as different units.

4- Discussion & Conclusions

Even though deforestation generally leads to soil degradation, some soil fertility properties might remain unchanged or even be improved based on the management strategies applied. In fact, applying purposeful and appropriate techniques in the field may be helpful to alleviate the unavoidable consequences of land-use change. Compared to substituting the semi-dense oak forests with rainfed farming, abandoning the croplands may result in more problematic soils. The pretty fast degradation of the crucial soil fertility properties caused by land-use change gives a serious warning about the possibility of further destruction of soils in the area studied, which may make them entirely unsuitable for any kind of agricultural use. Considering the complexity of soil environment, comparing the soils under different land use in terms of each individual soil property may not necessarily lead to reliable results. Accordingly, multivariate approaches, like the Hotelling test, maybe more consistent with the complex nature of the soil.

Key Words: Deforestation, Land use change, Rainfed farming, Soil degradation, Soil quality.