



مرکز تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی و منابع طبیعی فارس

پژوهش‌های آبخیزداری

شاپا: ۲۰۳۸-۲۹۸۱



مرکز تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی

ارزیابی وضعیت شاخص‌های زیستی و حاصلخیزی خاک‌های آهکی در کاربری‌های گوناگون در مناطق مرکزی و شمالی استان فارس

زهره زارعی^۱، سید علی اکبر موسوی^{۲*}، مهدی زارعی^۳، محمدامین نعمت‌اللهی^۴

۱- دانشجوی دکتری بخش علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

۲ و ۳- استاد بخش علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

۴- دانشیار بخش مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف

مدیریت و تغییر کاربری زمین‌ها بر وضعیت خاک و شاخص‌های مرتبط از جمله اندازه و کیفیت حاصلخیزی خاک و زیست‌توده و تنفس میکروبی خاک تأثیرگذار است. به دلیل به‌کارگیری روش‌های گوناگون مدیریتی و استفاده از زمین‌ها، اندازه‌های متفاوتی از بقایای گیاهی و با کیفیت متفاوت، تولید می‌شود که تنوع ویژگی‌های این بقایای گیاهی بر ترکیب، عملکرد جامعه‌های میکروبی خاک، شاخص‌های مختلف زیستی، حاصلخیزی خاک و کیفیت خاک‌ها، تأثیرگذار است. از سوی دیگر، تغییر کاربری زمین‌ها بر ویژگی‌های مختلف خاک، کیفیت خاک و شاخص‌های مربوطه نیز تأثیرگذار است. در این راستا، بر پایه نتایج پژوهش‌های مدون، اثر نوع کاربری زمین بر وضعیت شاخص‌های زیستی و حاصلخیزی خاک در خاک‌های آهکی استان فارس، بررسی نشده است و انجام چنین پژوهشی ضروری است. از این رو، این پژوهش با هدف ارزیابی وضعیت برخی شاخص‌های زیستی و حاصلخیزی در خاک‌های آهکی در کاربری‌های مختلف زمین در بخشی از استان فارس انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، از خاک ۳۰۰ نقطه مد نظر در شهرستان‌های مرکزی و نیمه شمالی استان فارس نمونه‌برداری شد. این نمونه‌ها در فاصله زمانی اردیبهشت تا تیرماه ۱۳۹۸ و از ژرفای صفر تا ۳۰ سانتی‌متر در چهار کاربری زمین شامل کاربری‌های جنگل، کشاورزی، مرتع قوی و مرتع ضعیف، جمع‌آوری شدند. نمونه‌های برداشت‌شده از هر یک از نقاط، درون کیسه پلاستیکی انتقال یافت و بعد از برچسب‌گذاری به آزمایشگاه ارسال شد. سپس، برای تجزیه شیمیایی و اندازه‌گیری ویژگی‌های مد نظر، هوا خشک‌شده و از الک با قطر سوراخ‌های دو میلی‌متری عبور داده شدند.

نوع مقاله: پژوهشی

*مسئول مکاتبات: aamousavi@gmail.com

استناد: زارعی، ز.، موسوی، س.، ع.، ا.، زارعی، م.، نعمت‌اللهی، م.، ا. ۱۴۰۴. ارزیابی وضعیت شاخص‌های زیستی و حاصلخیزی خاک‌های آهکی در کاربری‌های گوناگون در مناطق مرکزی و شمالی استان فارس. پژوهش‌های آبخیزداری. ۳۸(۴): ۱-۲۲.

شناسه دیجیتال: 10.22092/wmrj.2025.369171.1619

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۰۴، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۴/۱۸، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۳۱، تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۰/۱۱

پژوهش‌های آبخیزداری، سال ۱۴۰۴ دوره ۳۸، شماره ۴، شماره پیاپی ۱۴۹، زمستان ۱۴۰۴، صفحه‌های ۱ تا ۲۲.

© نویسنده‌گان

ناشر: مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس



افزون بر این، در این نمونه‌ها، برخی شاخص‌های زیستی و حاصلخیزی خاک شامل ماده آلی، عناصر کم‌مصرف و تنفس میکروبی پایه خاک با استفاده از روش‌های استاندارد متداول اندازه‌گیری شدند. در این پژوهش، بهنجار بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون آماری کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. تجزیه و تحلیل آماری پراکنش یک‌طرفه (ANOVA) داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. برای ارزیابی معنی‌داری تفاوت میانگین اندازه‌های ویژگی‌های خاکی مطالعه‌شده در میان کاربری‌های مد نظر، مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج این پژوهش نشان داد تفاوت اندازه شاخص‌های منگنز، مس، آهن، ماده آلی و تنفس میکروبی پایه خاک در میان کاربری‌های مطالعه‌شده معنی‌دار بود. شاخص‌های مربوط به اندازه عناصر آهن، مس، روی، سدیم، ماده آلی و تنفس میکروبی در زمین‌های کشاورزی بیشتر از زمین‌های مراتع ضعیف بود. دلیل این یافته مصرف کودهای شیمیایی در این زمین‌ها بود. همچنین، در زمین‌های با پوشش گیاهی خوب، اندازه‌های ماده آلی و عناصر کم‌مصرف به دلیل بازگشت بیشتر مواد آلی به خاک و افزایش سرعت تجزیه مواد آلی بیشتر بود. همچنین، در خاک‌های کشاورزی به دلیل ترشح اسیدهای آلی از ریشه گیاه و تشکیل کلات با عناصر کم‌مصرف در خاک، حلالیت و شکل قابل جذب این عناصر در خاک افزایش یافت. در زمین‌های جنگلی با ریزش شاخ و برگ گیاه، مواد آلی بیشتری در خاک ذخیره شد. درحالی‌که در دیگر کاربری‌ها اندازه برگشت ماده آلی به خاک بسیار کمتر بود. به بیان دیگر، این تغییر در اندازه ماده آلی در کاربری‌های مختلف به اندازه ورودی و برداشت ماده آلی در هر کاربری مرتبط بود، به‌طوری‌که در زمین‌های جنگلی اندازه ورود مواد آلی به خاک زیاد و اندازه برداشت (خروج) آن کمتر بود. بیشترین اندازه ماده آلی (۳/۴۵٪) در خاک‌های جنگلی و کمترین اندازه ماده آلی (۱/۶۴٪) در زمین‌های مرتعی با پوشش گیاهی ضعیف مشاهده شد. این یافته نشان‌دهنده توان بیشتر زمین‌های جنگلی برای ترسیب کربن در مقایسه با زمین‌های دیگر کاربری‌های مطالعه‌شده بود. همچنین، بیشترین اندازه تنفس میکروبی خاک در کاربری‌های کشاورزی (۲۰/۱۰ میلی گرم دی‌اکسید کربن در گرم خاک در روز) و جنگل (۲۰/۰۲ میلی گرم دی‌اکسید کربن در گرم خاک در روز) و کمترین اندازه تنفس خاک در خاک‌های مراتع ضعیف (۱۲/۴۰ میلی گرم دی‌اکسید کربن در گرم خاک در روز) مشاهده شد که تابع الگوی تغییرات مواد آلی بود. تنفس خاک یکی از ویژگی‌های وابسته به اقلیم است و مواد آلی زیاد، افزودن مواد آلی جدید، تنوع و فراوانی ریزجانداران سبب افزایش آن می‌شود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج بررسی شاخص‌های زیستی و حاصلخیزی خاک در کاربری‌های مختلف مطالعه‌شده نشان داد که نوع و تغییر کاربری زمین و در نتیجه تغییر شرایط یا شیوه مدیریت زمین و عملیات مدیریتی بر شاخص‌های مختلف مرتبط با وضعیت زیستی و حاصلخیزی خاک، به‌طور معنی‌داری اثرگذار بود. از این رو، بی‌توجهی به نوع زمین می‌تواند در کوتاه‌مدت سبب کاهش عملکرد و سرانجام در درازمدت سبب از دست رفتن بهره‌دهی منابع طبیعی شود. بر اساس نتایج این پژوهش، زمین‌های مراتع ضعیف در مقایسه با دیگر کاربری‌ها نیازمند برنامه‌های مدیریتی ویژه‌تر و مدون‌تر برای احیا، جلوگیری از روند نابودی، کاهش حاصلخیزی و کیفیت زیستی و بازگشت توان بالقوه خاک، می‌باشند. در این راستا، پیشنهاد می‌شود پایش جدی و مداوم زمین‌های آسیب‌پذیر، برای بررسی توان بالقوه حاصلخیزی و باروری خاک انجام شود و روند رو به کاهش و سرعت از دست رفتن قدرت تولید سنجیده شود. همچنین، پیشنهاد می‌شود همراه با اجرای برنامه‌های هماهنگ و مدون با آگاهی بخشی به مردم، از نیروهای مردمی برای حفاظت از زمین‌ها بهره‌گرفته شود.

واژگان کلیدی

تنفس خاک، عناصر کم‌مصرف، کاربری زمین، ماده آلی، مدیریت زمین، ویژگی‌های زیستی

مقدمه

بخش گسترده‌ای از کشور ایران در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. از سوی دیگر، شیوه‌های نادرست مدیریتی و فعالیت‌های نادرست کشاورزی مانند شیوه‌های ناصحیح آبیاری و مدیریت نامطلوب زمین‌ها می‌تواند منجر به نابودی گسترده و شدید خاک شود. تغییر کاربری زمین، به‌شدت بوم‌نظام‌ها را تغییر می‌دهد و پیامدهای منفی این تغییرات گاهی تا دهها سال قابل جبران نخواهد بود (همیلتون و کازی ۲۰۱۶). ونکر و همکاران گزارش کردند دخالت‌های انسانی با تغییر کاربری زمین و فعالیت‌های کشاورزی و ساختمانی می‌تواند سبب افزایش سرعت فرسایش و نابودی زمین‌ها شود (۲۰۱۹). نتایج پژوهش‌ها بیانگر آن است که تغییر کاربری زمین سبب تغییر ویژگی‌های شیمیایی و وضعیت عناصر (زاهدی‌فر ۲۰۱۷ و ۲۰۲۰؛ بوستانی و همکاران ۲۰۱۹؛ اولیایی و همکاران ۲۰۲۲، ۲۰۲۳)، ویژگی‌های فیزیکی (آکیده و همکاران ۲۰۲۰؛ مظفری و همکاران ۲۰۱۹)، زیستی (اولیایی و همکاران ۲۰۲۳؛ کوچ و همکاران ۲۰۲۴) و ویژگی‌های آبی (مظفری و همکاران ۲۰۲۱، ۲۰۲۲) خاک می‌شود. این موضوع می‌تواند بر فرسایش و نابودی خاک و شاخص‌های مربوطه اثرگذار باشد (زاهدی‌فر ۲۰۲۳ الف و ب). نتایج پژوهش جعفریان و کرمی (۲۰۲۲) نشان داد سطح گسترده‌ای از زمین‌های جنگل زاگرس در دو دهه گذشته به زمین‌های غیرجنگلی مانند زمین‌های کشاورزی و مرتع تبدیل شده‌اند که نشان‌دهنده وضعیت نامناسب حفاظت از منطقه نامبرده است. نابودی و تبدیل زمین‌های جنگلی به کشاورزی، نابودی زمین‌های با پوشش طبیعی و فرسایش خاک را به‌همراه دارد (فلاح‌تکار ۲۰۱۶). رعایت نکردن اصول بوم‌شناختی، افزایش رشد جمعیت، مشکلات اقتصادی اجتماعی جنگل‌نشینان ازجمله دلایل کاهش جنگل‌ها و مراتع و تبدیل آن‌ها به زمین‌های کشاورزی است (حیدری‌زاده و محمدی ۲۰۱۵). خسروی و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی ویژگی‌های نابودی خاک در شهرستان خاتم گزارش کردند بیشترین شاخص‌های مرتبط با نابودی

در زمین‌های مرتعی به‌دلیل مدیریت ناصحیح مشاهده شد. الگوهای کاربری زمین افزون بر اندازه و کیفیت عناصر غذایی خاک، بر زیست‌توده و تنفس میکروبی خاک نیز تأثیرگذارند (کوچ و همکاران ۲۰۲۴). انواع مختلف کشت و مدیریت زمین، اندازه‌های متفاوتی از بقایای گیاهی و با کیفیت متفاوت، تولید می‌کند که تنوع ویژگی‌های این بقایای گیاهی بر ترکیب، عملکرد جامعه‌های میکروبی خاک، شاخص‌های مختلف زیستی، حاصلخیزی خاک و کیفیت خاک‌ها، تأثیرگذار است. به‌دلیل اهمیت زیاد جامعه‌های میکروبی در فرایندهای خاک، شدت فعالیت این موجودات، شاخص مناسبی برای ارزیابی محیط خاک به‌شمار می‌آید (کمالی و همکاران ۲۰۲۰). فعالیت‌های میکروبی خاک در سلامت و پایداری زیست‌بوم حائز اهمیت هستند. زیرا، بر تأمین مواد غذایی برای گیاه، تجزیه لاشبرگ، تنظیمات کربن خاک و بسیاری از ویژگی‌های زنده و غیرزنده زیست‌بوم، مؤثر هستند (ونگ و همکاران ۲۰۱۶). ویژگی‌های زیستی در رویشگاه‌های مختلف تحت تأثیر سنجه‌های زیادی ازجمله نوع پوشش گیاهی، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و نوع مدیریت هستند (سهرابی و همکاران ۲۰۲۲). همزمان با تغییر اندازه و کیفیت مواد آلی ورودی، رطوبت، دمای خاک، تنوع ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، زیستی و موجودات خاکزی خاک نیز تغییر می‌کند که این تغییرات نیز بر چرخه زیست‌زمین‌شیمیایی عناصر غذایی در انواع مختلف پوشش گیاهی تأثیرگذار است. ازاین‌رو، ویژگی‌های خاک در یک رویشگاه، تحت تأثیر انواع مختلف پوشش گیاهی آن است (مولیا و همکاران ۲۰۲۱). در هیمالیا، شانکر و گراکوتی (۲۰۲۴) تأثیر انواع کاربری زمین بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک جنگل و سامانه‌های کشاورزی را بررسی کردند و گزارش کردند بیشترین تأثیر بر عناصر غذایی خاک و زیست‌توده میکروبی در مقایسه با توسکا، کاج و بلوط مربوط به بوم‌سازگان‌های کشاورزی بود. نتایج پژوهش سعیدی و همکاران (۲۰۲۳) بیانگر حساسیت شاخص‌های میکروبی خاک به تغییرات کاربری زمین بود. نتایج این پژوهش نشان داد تغییر کاربری

برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری در این مناطق است. از این‌رو، این پژوهش با هدف ارزیابی وضعیت برخی ویژگی‌های زیستی و حاصلخیزی در خاک‌های آهکی با کاربری‌های مختلف زمین در بخشی از استان فارس که یکی از استان‌های مهم کشاورزی ایران و از پیشگامان تولید غلات (از جمله گندم و جو) می‌باشد، انجام شد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مطالعه‌شده

منطقه مطالعه‌شده در بخش‌های مرکز و نیمه شمالی استان فارس در جنوب غرب ایران است. میانگین دمای سالانه منطقه مطالعه‌شده ۱۹/۴ درجه سانتی‌گراد و اندازه بارش آن ۴۴/۷ تا ۲۸۹/۸ میلی‌متر است. میانگین بلندمدت بارش سالانه نیز ۹۴/۵ میلی‌متر است (شکل ۱). این استان سه بخش اقلیمی دارد که شامل: الف) مناطق مرکزی با تابستان گرم و خشک و زمستان معتدل و با پوشش گیاهی شیرین‌بیان، خارشتر، چوبک، کنگر شیرازی، بومادران و جاشیر، ب) مناطق شمالی و شمال غرب با آب و هوای کوهستانی همراه با باران و برف فراوان و جنگل‌های تنک عمدتاً با گونه‌های بادام، پسته، انجیر و سرو کوهی، ارژن، کنار، زالزالک و کیالک، ج) جنوب و جنوب شرقی با تابستان بسیار گرم و زمستان معتدل و با پوشش گیاهی گون، درمنه، گز، شیرین‌بیان و اسفند. بیشتر مناطق شور استان در این بخش است (حاتمی و همکاران ۲۰۱۷). مساحت کل جنگل‌ها و مراتع ۹۸۰۳۲۷۳ مترمربع است که ۸۶۰۰۰۰ مترمربع آن شامل مراتع استپی، نیمه‌استپی و نیمه‌بیابانی، کوه‌های مرتفع، جنگل‌های خشک و مراتع شور است. زمین‌های کشاورزی آن نیز به‌طور عمده تحت کشت گندم و جو است.

زمین‌های مرتعی به کشاورزی با شکستن خاکدانه‌های خاک، سرعت تجزیه مواد آلی را افزایش داد و ذخیره‌سازی عناصر غذایی، جمعیت، نوع و فعالیت میکروبی خاک را کاهش داد. نتایج پژوهش‌های کوچ و همکاران (۲۰۲۴) نشان داد بیشترین اندازه پایداری خاکدانه، محتوای رس، pH، نیتروژن، فسفر، کلسیم، پتاسیم، منیزیم، جمعیت باکتری و مشخصات میکروبی به‌ترتیب در خاک با پوشش‌های گیاهی چوبی لور، ولیک و زرشک مشاهده شد. نتایج پژوهش حیدری و همکاران (۲۰۱۷) نشان داد تغییر کاربری زمین‌ها موجب هدررفت قابل‌توجه کربن آلی کل شد و کاهش اندازه ماده آلی در کاربری کشاورزی موجب کاهش قابل‌توجه کربن زیست‌توده میکروبی در مقایسه با دیگر ویژگی‌ها شد که می‌توان آن را یک شاخص مهم در ارزیابی تغییرات کربن آلی و نابودی شیمیایی و زیستی خاک دانست. با استفاده از شاخص‌های زیستی‌فیزیکی مرتع می‌توان اطلاعات سودمند زیادی را برای ارزیابی و مدیریت مرتع به‌دست آورد. استفاده از این اطلاعات نیز منجر به مدیریت صحیح و پایدار شده و احیا و حفاظت منابع زیست‌محیطی را در پی خواهد داشت (کینگ و همکاران ۲۰۰۴). در پژوهشی مشخص شد تغییر کاربری زمین تأثیر زیادی بر ویژگی‌های مختلف خاک و اندازه حساسیت خاک به فرسایش و نابودی و شاخص‌های مربوطه داشت. از آنجایی که یکی از پیش‌نیازهای مدیریت پایدار زمین، ارزیابی دقیق و صحیح وضعیت خاک و پوشش گیاهی این بوم‌سازگان است، نابودی آن‌ها، سبب ناپایداری و ناسلامتی زمین‌ها خواهد شد. از این‌رو، با انتخاب شاخص‌های دقیق و با کاربرد آسان می‌توان با شیوه‌ای صحیح پایداری بوم‌شناختی را سنجید و در راستای رسیدن به توسعه پایدار در کاربری‌های مختلف گام نهاد. در این راستا، بر پایه نتایج پژوهش‌های مدون، اثر نوع کاربری زمین بر وضعیت شاخص‌های زیستی و حاصلخیزی خاک در خاک‌های آهکی استان فارس، بررسی‌نشده است و کسب آگاهی از انواع استفاده از زمین‌ها و تغییرات آن از منظر ویژگی‌های زیستی و حاصلخیزی خاک در طول زمان از مقدمات مهم

روش پژوهش

در این پژوهش، از خاک ۳۰۰ نقطه مد نظر در شهرستان‌های مرکزی و نیمه شمالی استان فارس (شامل آباده، اقلید، خرم‌بید، بوانات، پاسارگاد، مرودشت، سپیدان، رستم، ممسنی، کازرون، شیراز، مرودشت، ارسنجان، زرقان و کوار) نمونه‌برداری شد. این نمونه‌ها در فاصله زمانی اردیبهشت تا تیرماه ۱۳۹۸ و از ژرفا صفر تا ۳۰ سانتی‌متر در چهار کاربری زمین‌های جنگل، کشاورزی، مرتع قوی و مرتع ضعیف، جمع‌آوری شدند. قوی و ضعیف بودن مراتع بر اساس اندازه پوشش گیاهی تعیین شد. به‌طوری‌که مراتع با کمتر از ۲۰٪ پوشش گیاهی مراتع ضعیف و مراتع با پوشش گیاهی بیشتر از ۶۰٪ مراتع قوی در نظر گرفته شدند (کریمی ۲۰۱۳). در مرحله اول بررسی و تعیین درصد پوشش گیاهی، به‌شکل چشمی عمل شد. در مرحله بعد از یک قطعه یک در یک متر که به‌طور تصادفی در سه نقطه از زمین‌هایی با مساحت ۱۰۰۰ مترمربع تعیین شدند، استفاده شد (افتخاری و همکاران ۲۰۲۴). در شرایطی که میانگین پوشش گیاهی در این زمین‌ها کمتر از ۲۰٪ و یا بیشتر از ۶۰٪ بود، نمونه‌برداری انجام شد. در حقیقت استفاده از قطعه برای تأیید یا رد برآورد چشمی انجام شد. نقشه منطقه مطالعه‌شده و محل‌های نمونه‌برداری‌شده در شکل ۱ ارائه‌شده است. شایان ذکر است به‌دلیل اینکه هدف این پژوهش بررسی اثر کاربری‌های نامبرده بر ویژگی‌های خاک سطحی و بخشی از خاک در ارتباط با فعالیت‌های غالب ریشه گیاه و ریزجانداران و فعالیت‌های مدیریتی بود، از این‌رو از لایه سطحی ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری شد. برای نمونه‌برداری خاک از هر یک از ۳۰۰ نقطه در کاربری‌های مختلف نیز، محدوده مربع شکلی با مساحت تقریبی ۱۰۰۰ مترمربع و با مرکزیت نقطه مد نظر انتخاب شد. سپس، از چهار نقطه روی قطرها و با فاصله‌های تقریباً یکسان از مرکز، نمونه‌های با وزن یکسان و نیم کیلوگرم برداشت شد. نمونه‌ها به‌طور کامل مخلوط شدند و نمونه مرکب دو کیلوگرمی به‌دست‌آمده درون کیسه پلاستیکی انتقال یافت و بعد

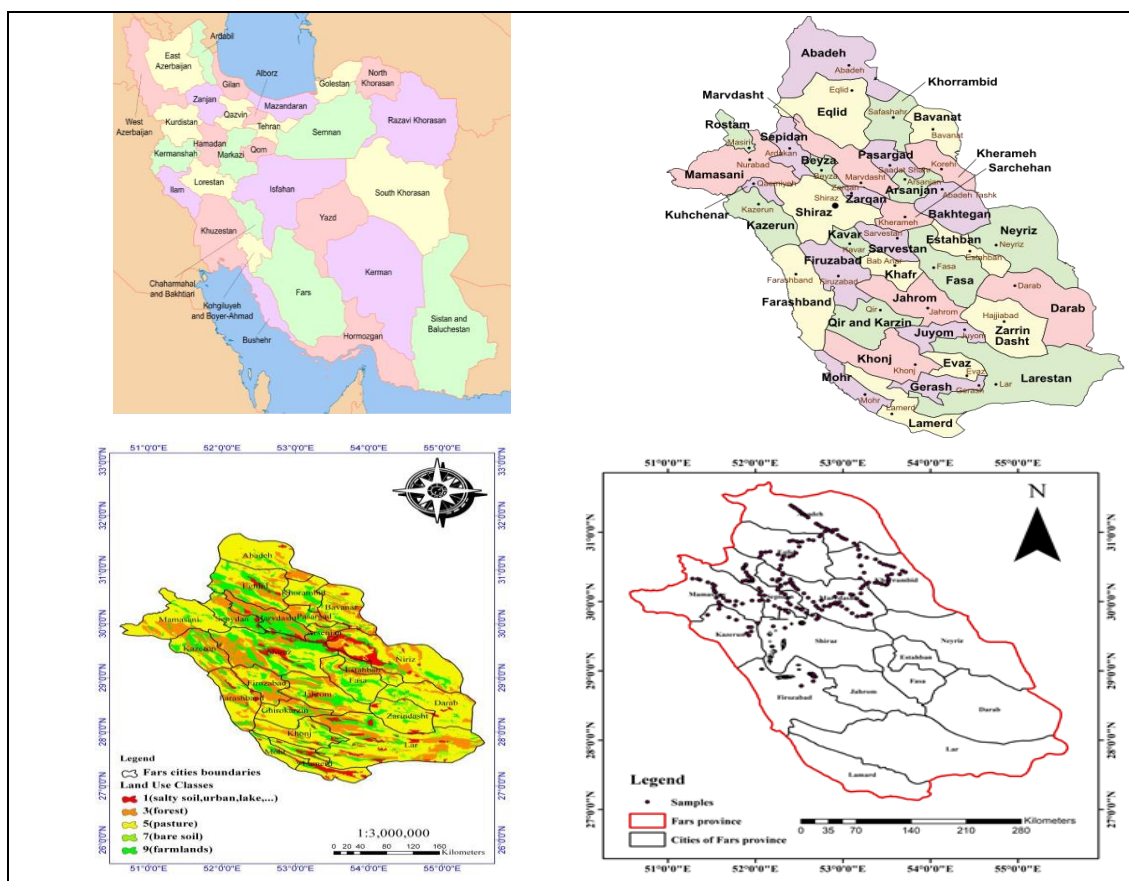
از برچسب‌گذاری در کوتاه‌ترین زمان ممکن به آزمایشگاه ارسال شد. سپس، برای تجزیه و انجام اندازه‌گیری‌ها، هوا خشک و از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. بخشی از هر نمونه برای اندازه‌گیری شاخص‌های زیستی در یخچال و در دمای چهار درجه سانتی‌گراد تا زمان اندازه‌گیری نگهداری شدند. با استفاده از روش‌های استاندارد متداول شاخص‌های مربوط به اندازه ماده آلی و عناصر کم‌مصرف خاک نمونه‌ها اندازه‌گیری شدند (جدول ۱). برای اندازه‌گیری تنفس میکروبی پایه خاک، به اندازه ۵۰ گرم از خاک مرطوب تازه به ظروف شیشه‌ای دربسته منتقل شد. سپس ۲۰ میلی‌لیتر محلول نیم مولار هیدرکسید سدیم به هر ظرف حاوی خاک، اضافه شد و نمونه‌ها برای ۲۴ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. پس از این مدت با اضافه کردن دو میلی‌لیتر کلروباریم به هیدرکسید سدیم، محلول با استفاده از اسیدکلریدریک تیتراسیون انجام شد و اندازه تنفس میکروبی پایه خاک، محاسبه شد (وانس و همکاران ۱۹۸۷).

در این پژوهش، پیش از واکاوی آماری، بهنجار بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. برای ارزیابی اثر کاربری‌ها بر ویژگی‌های زیستی و حاصلخیزی در خاک‌های آهکی مطالعه‌شده، تجزیه و تحلیل آماری پراکنش یک‌طرفه (ANOVA) داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از نسخه ۲۷/۰/۱ نرم‌افزار SPSS انجام شد. برای ارزیابی اثر کاربری‌های مطالعه‌شده بر میانگین اندازه‌های ویژگی‌های خاکی مطالعه‌شده، مقایسه میانگین ویژگی‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵٪ و با استفاده از نرم‌افزار نامبرده انجام شد.

جدول ۱- روش های آزمایشگاهی استفاده شده برای اندازه گیری ویژگی های زیستی و حاصلخیزی در خاک های مطالعه شده.

Table 1- Laboratory methods used to measure biological and fertility characteristics in the studied soils.

Properties	Method	Reference
Soil respiration	Titration by HCl	Vance et al., 1987
Organic matter	Wet Oxidation	Page et al., 1982
Phosphorus	Extraction with sodium bicarbonate, Olsen method	Olsen and Dean, 1965
Copper	Extraction with DTPA and reading by atomic absorption spectrometry	Lindsay and Norvell, 1978
Manganese	Extraction with DTPA and reading by atomic absorption spectrometry	Lindsay and Norvell, 1978
Iron	Extraction with DTPA and reading by atomic absorption spectrometry	Lindsay and Norvell, 1978
Zinc	Extraction with DTPA and reading by atomic absorption spectrometry	Lindsay and Norvell, 1978
Potassium	In the extract of saturated soil paste by the flame photometer	Soil Survey Staff, 1992
Sodium	In the extract of saturated soil paste by a flame photometer	Soil Survey Staff, 1992
CaCO ₃	Titration by NaOH	Page et al., 1987



شکل ۱- منطقه مطالعه شده و موقعیت محل های نمونه برداری شده در مرکز و نیمه شمالی استان فارس.

Figure 1- The study area and location of sampling points in the central and northern half of Fars Province.

نتایج و بحث

منگنز قابل استفاده خاک

نتایج نشان داد تفاوت اندازه منگنز در میان کاربری‌های زمین‌های مطالعه شده معنی‌دار بود (جدول ۲). به‌طوری‌که بیشترین و کمترین اندازه‌های میانگین غلظت منگنز به‌ترتیب در خاک‌های جنگل (۴/۳۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) و مراتع ضعیف (۲/۰۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) مشاهده شد. همچنین، تفاوت اندازه این عنصر در میان زمین‌های مرتع قوی و مرتع ضعیف معنی‌دار نبود (شکل ۲). در این راستا، نتایج پژوهش عسکری و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد بیشترین میانگین غلظت اغلب عناصر غذایی اندازه‌گیری شده در خاک جنگل پرتراکم به‌دست آمد و با تغییر کاربری به جنگل کم‌تراکم و کشت دیم، کاهش قابل‌توجهی مشاهده شد. ماده آلی خاک پس از تجزیه، تأمین‌کننده بخشی از عناصر ریزمغذی است. افزون بر این، در تجزیه مواد آلی، اسیدهای آلی ترشح‌شده سبب آزاد شدن عناصر از بخش معدنی خاک نیز می‌شوند. از این‌رو، غلظت منگنز در زمین کاربری‌هایی با مواد آلی بیشتر مانند جنگل، افزایش می‌یابد. قابلیت دسترسی منگنز معمولاً در خاک‌های آهکی (با پ‌هش زیاد)، کم است. زیرا، عملاً بخش اندکی از منگنز کل در محلول خاک وجود خواهد داشت. بر پایه گزارش هاوولین و همکاران (۲۰۰۷)، اندازه منگنز قابل‌استفاده در خاک به عامل‌هایی چون ترکیبات معدنی خاک، پ‌هش، نوع و اندازه مواد آلی و شرایط محیطی خاک بستگی دارد. همچنین، عامل مهم در توزیع منگنز، اندازه ماده آلی و درجه تجزیه این مواد است. موسوی و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند تفاوت اندازه آهن و منگنز در میان سه کاربری

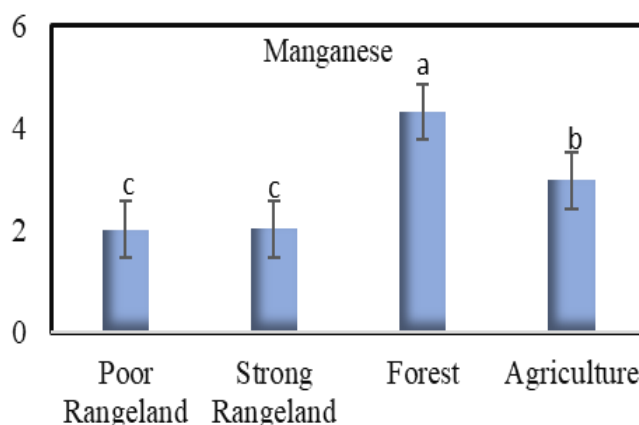
معنی‌دار شد. به‌طوری‌که اندازه آن در کاربری گندم به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو کاربری باغ انار و زیتون بود. این پژوهشگران، گزارش کردند در کاربری گندم که اندازه پ‌هش خاک نزدیک خنثی و به‌طور معنی‌داری کمتر از دو کاربری دیگر بود کمتر بودن پ‌هش خاک سبب افزایش اندازه عناصر غذایی کم‌مصرف در خاک زیر کشت گندم شد و ترشح اسیدهای آلی از ریشه گندم نیز، با تشکیل کلات با عناصر کم‌مصرف در خاک زیر کشت گندم سبب افزایش حلالیت و شکل قابل‌جذب این عناصر در خاک شدند. بر اساس نتایج پژوهش امامی و همکاران (۲۰۱۴)، اسیدهای کربوکسیلیک سبک در بسیاری از فرآورده‌ها و واکنش‌های شیمیایی خاک وجود دارند و عملکرد این ترکیبات به‌عنوان لیگاند، سبب افزایش اندازه کل کاتیون‌های محلول خاک (مانند آهن و آلومینیوم) با ایجاد کمپلکس با کاتیون فلزی، هستند. عسکری و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند در کاربری جنگل متراکم، منگنز خاک بیشترین اندازه است و با تغییر کاربری به سمت کشت دیم و جنگل نابودشده از اندازه منگنز خاک کاسته می‌شود. بر اساس نتایج پژوهش بوستانی و همکاران (۲۰۱۹) مبنی بر مقایسه غلظت منگنز قابل‌استفاده در کاربری‌های مختلف، مشخص شد که بیشترین اندازه غلظت منگنز در کاربری باغ و کمترین آن در کاربری جنگل بود. همچنین، در کاربری مرتع این اندازه حد متوسط بود. حد کفایت منگنز در خاک در دامنه ۲ تا ۴ میلی‌گرم در کیلوگرم متغیر است (ردی و همکاران ۲۰۱۷). بر اساس نتایج این پژوهش، اندازه این عنصر در خاک زمین‌های جنگلی بیش از حد مطلوب بود و در دیگر کاربری‌ها این اندازه در حد مطلوب بود.

جدول ۲- چکیده آماری ویژگی‌های زیستی و حاصلخیزی خاک در کاربری‌های مختلف.

Table 2- Summary statistics of biological and fertility properties of soil in different land uses.

Soil properties	Strong rangeland (N=66)				Poor rangeland (N=56)			
	Mean	Max	Min	Standard deviation	Mean	Max	Min	Standard deviation
Sodium (mg/L)	7.78	10.96	5.30	1.49	9.15	11.64	6.48	1.41
Potassium (mg/L)	8.75	14.47	4.06	2.54	8.44	11.90	4.06	2.10
Manganese (mg/kg)	2.02	2.95	1.16	0.48	2.02	6.57	0.02	1.18
Copper (mg/kg)	0.32	0.74	0.05	0.14	0.28	0.67	0.06	0.10
Iron (mg/kg)	1.36	2.96	0.58	0.62	0.52	0.91	0.02	0.25
Zinc (mg/kg)	0.11	0.20	0.02	0.04	0.08	0.11	0.06	0.01
Phosphorus (mg/kg)	44.26	52.00	36	4.71	46.58	72.00	30	9.15
Soil Respiration (mg CO ₂ /g day)	17.67	26	12	4.49	12.40	30	2	6.33
Organic Matter (%)	1.91	2.59	1.31	0.34	1.64	3.24	0.31	0.56
CaCO ₃ (%)	28.75	46.25	6.25	17.84	28.57	45	19	14.6

Soil properties	Agriculture (N=87)				Forest (N=91)			
	Mean	Max	Min	Standard deviation	Mean	Max	Min	Standard deviation
Sodium (mg/L)	9.42	14.46	4.72	1.97	7.72	9.96	6.30	0.90
Potassium (mg/L)	7.72	12.90	4.06	2.14	7.65	9.90	4.06	1.26
Manganese (mg/kg)	2.98	9.04	0.29	2.09	4.32	11.96	0.45	2.82
Copper (mg/kg)	0.37	1.90	0.02	0.28	0.22	0.58	0.02	0.09
Iron (mg/kg)	1.78	4.25	0.37	0.84	1.88	4.58	0.04	0.93
Zinc (mg/kg)	0.10	0.44	0.01	0.07	0.12	0.54	0.01	0.08
Phosphorus (mg/kg)	44.4	76	28	8.09	42.34	48	34	4.33
Soil Respiration (mg CO ₂ /g day)	20.3	39	10	6.35	30.52	90	10	15
Organic Matter (%)	2.07	4.44	0.64	0.71	3.45	9.52	0.56	2.16
CaCO ₃ (%)	37.86	43	11	14.271	37.57	52.5	12.5	16.36



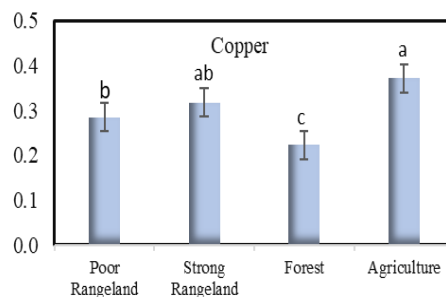
شکل ۲- میانگین غلظت منگنز قابل استفاده (میلی گرم در کیلوگرم خاک) در کاربری‌های مختلف (حروف مشابه، نشان‌دهنده نبودن تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است).

Figure 2- Mean values of available manganese concentration (mg kg⁻¹ soil) in different land uses (Means followed by the same letters are not significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's Multiple Range Test).

مس قابل استفاده خاک

نتایج نشان داد بیشترین و کمترین میانگین غلظت مس قابل استفاده به ترتیب مربوط به کاربری کشاورزی ($0/37$ میلی گرم در کیلوگرم) و جنگل ($0/22$ میلی گرم در کیلوگرم) بود (شکل ۳) که از نظر آمادی این تفاوت معنی دار بود (جدول ۲). از آنجایی که اندازه بحرانی این عنصر از $0/2$ تا $0/4$ میلی گرم در کیلوگرم خاک متغیر است، اندازه این عنصر در خاک در حد مطلوب بود. بوستانی و همکاران (2019) نیز گزارش کردند در میان کاربری‌های پژوهش شده، غلظت مس در کاربری باغ بیشترین اندازه و در کاربری جنگل کمترین اندازه بود. میانگین غلظت مس در خاک زمین‌های مرتع قوی بیشتر از خاک زمین‌های مرتع ضعیف بود هرچند میان این دو تفاوت معنی داری مشاهده نشد (شکل ۳). به نظر می‌رسد

مس برخلاف دیگر عناصر کم مصرف به دلیل کمپلکس شدنش با ماده آلی و کاهش فراهمی آن در خاک، بیشترین اندازه آن در خاک کاربری‌هایی با ماده آلی زیاد (مانند زمین‌های جنگلی) قابل مشاهده است. موسوی و همکاران (2018) گزارش کردند پهاش خاک بر غلظت و اندازه فراهمی عناصر کم مصرف بسیار تأثیرگذار بود و در کاربری گندم اندازه پهاش نزدیک به خنثی و کمتر از دو کاربری انار و زیتون بود. از این رو، این موضوع سبب افزایش اندازه عنصر مس در خاک‌های تحت کشت گندم شد. به بیان دیگر، ترشح اسیدهای آلی از ریشه گندم با تشکیل کلات با عناصر کم مصرف سبب افزایش حلالیت و شکل قابل جذب این عنصر در خاک می‌شود.



شکل ۳- میانگین غلظت مس قابل استفاده (میلی گرم در کیلوگرم خاک) در کاربری‌های مختلف (حروف مشابه نشان دهنده نبودن تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است).

Figure 3- Mean values of available copper concentration (mg kg^{-1} soil) in different land uses (Means followed by the same letters are not significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's Multiple Range Test).

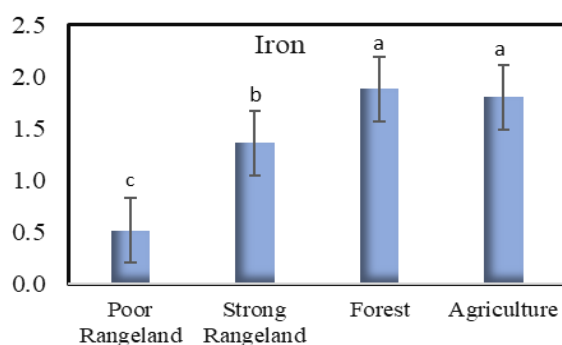
آهن قابل استفاده خاک

بر اساس نتایج این پژوهش، اثر کاربری‌های مختلف بر غلظت آهن قابل استفاده خاک معنادار بود (جدول ۲). به طوری که بیشترین اندازه آهن قابل استفاده خاک در کاربری جنگل ($1/9$ میلی گرم در کیلوگرم) و کمترین اندازه در زمین‌های مرتع ضعیف ($0/5$ میلی گرم در کیلوگرم) به دست آمد (شکل ۴). با توجه به حد مطلوب این عنصر که $4/5$ تا $7/5$ میلی گرم در کیلوگرم خاک است (ردی و همکاران 2017) در همه

زمین‌ها اندازه این عنصر خیلی کم بود. با توجه به تشکیل کمپلکس آهن با مواد آلی و حفظ این عنصر در محلول خاک به نظر می‌رسد در خاک‌هایی با مواد آلی بیشتر، اندازه آهن قابل استفاده نیز بیشتر باشد. در زمین‌های کشاورزی نیز احتمالاً کوددهی سبب افزایش اندازه آهن در خاک شده است و در زمین‌های جنگل تشکیل کمپلکس‌های آلی سبب حفظ این عنصر شده است. در زمین‌های با پوشش گیاهی خوب

افزایش اندازه عناصر غذایی کم‌مصرف در خاک زیر کشت گندم شد. این نتایج با یافته‌های این پژوهش هم‌راستا است. از سوی دیگر، نتایج این پژوهش با یافته‌های بوستانی و همکاران (۲۰۱۹) مبنی بر اینکه غلظت آهن قابل استفاده در میان کاربری‌های مختلف مطالعه‌شده (باغ، جنگل و مرتع) تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، همخوانی ندارد. این موضوع به دلیل تفاوت در ویژگی‌های مختلف خاک، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی، اقلیم و مدیریت زمین‌ها است.

ترشح اسیدهای آلی از ریشه گیاهان سبب افزایش حلالیت و شکل قابل جذب آهن شده است. موسوی و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند نیاز متفاوت درختان و محصولات زراعی به عناصر کم‌مصرف سبب جذب بیشتر عناصر غذایی به‌ویژه آهن و منگنز به‌وسیله درختان و کاهش اندازه آنها در خاک می‌شود. به بیان دیگر، چون پهاش خاک تأثیر بسزایی بر غلظت و فراهمی عناصر کم‌مصرف دارد در کاربری گندم اندازه پهاش نزدیک خنثی و به طور معنی‌داری کمتر از دو کاربری انار و زیتون بود. از این رو، این موضوع سبب



شکل ۴- میانگین غلظت آهن قابل استفاده (میلی گرم در کیلوگرم خاک) در کاربری‌های مختلف (حروف مشابه، نشان‌دهنده نبودن تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است).

Figure 4- Mean values of available iron concentration (mg kg⁻¹ soil) in different land uses (Means followed by the same letters are not significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's Multiple Range Test).

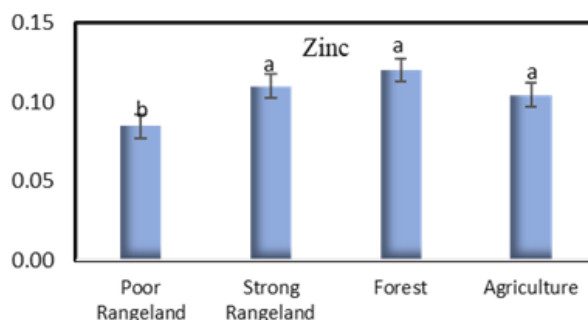
روی قابل استفاده خاک

عناصر ریز مغذی از جمله روی از خاک بیشتر شده و پس از مرگ گیاه مجدداً این عناصر به خاک باز می‌گردند. نتایج پژوهش عسکری و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد بیشترین اندازه عناصر ریزمغذی در زمین‌های جنگل متراکم بلوط، مشاهده شد. در حالی که کمترین اندازه عناصر ریزمغذی به ترتیب در زمین‌های کاربری جنگل نابودشده و زمین‌های دیم مشاهده شد. نتایج پژوهش موسوی و همکاران (۲۰۱۸) نشان داد که اثر تغییر کاربری بر عنصر کم‌مصرف روی معنی‌دار نبود که با نتایج به دست آمده از این پژوهش هماهنگی دارد. از سوی دیگر، نتایج این پژوهش با یافته‌های بوستانی و همکاران (۱۳۹۸)

نتایج نشان داد کاربری زمین بر غلظت روی قابل استفاده خاک مؤثر بود. به طوری که بیشترین اندازه میانگین روی (۰/۱۲ میلی گرم در کیلوگرم) در خاک‌های کاربری جنگل و کمترین اندازه (۰/۰۸ میلی گرم در کیلوگرم) در خاک‌های کاربری مرتع ضعیف مشاهده شد. تفاوت اندازه روی در میان کاربری‌های مرتع قوی، جنگل و کشاورزی از نظر آماری معنی‌دار نبود (شکل ۵). به نظر می‌رسد در زمین‌های با پوشش گیاهی خوب، ماده آلی بیشتر سبب تشکیل کمپلکس و حفظ عنصر روی در خاک شده است. از سوی دیگر، به دلیل ترشح اسید از ریشه گیاهان، پهاش خاک کاهش یافته در نتیجه جذب

روی کمتر از ۰/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک اندازه خیلی کم این عنصر است (ردی و همکاران ۲۰۱۷) در این پژوهش کمبود و فقر عنصر روی در تمام کاربری‌ها مشاهده شد.

مبنی بر اینکه گزارش کردند در میان کاربری‌های مطالعه‌شده، غلظت روی قابل‌استفاده در کاربری باغ بیشترین اندازه و در کاربری جنگل کمترین اندازه بود، هم‌راستا نیست. این موضوع به دلیل تفاوت در شرایط و عامل‌های مختلف مؤثر است. از آنجایی که اندازه عنصر



شکل ۵- میانگین غلظت روی قابل‌استفاده (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) در کاربری‌های مختلف (حروف مشابه نشان‌دهنده نبودن تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است).

Figure 5- Mean values of available zinc concentration (mg kg^{-1} soil) in different land uses (Means followed by the same letters are not significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's Multiple Range Test).

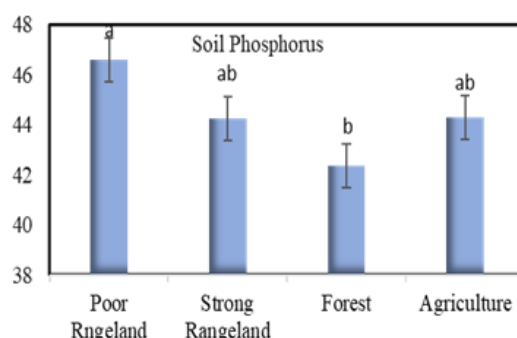
فسفر قابل‌استفاده خاک

به شکل قابل توجهی کاهش داد. فو و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند که تغییر کاربری بوم‌سازگان جنگلی در منطقه ایدر در چین سبب کاهش مواد آلی، نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم قابل دسترس شد. درحالی‌که تغییر کاربری از زراعت به جنگل با گذشت ۲۰ سال منجر به افزایش مواد آلی، نیتروژن کل، نیتروژن قابل دسترس، فسفر قابل دسترس و پتاسیم شد. تغییر کاربری زمین و عملیات کشاورزی در زمین‌های بکر، سبب کاهش ورود بقایای گیاهی تازه به خاک می‌شود. این بقایا شامل اندازه‌های قابل‌توجهی از ترکیبات هستند که به راحتی تجزیه می‌شوند. منگ و همکاران (۲۰۰۸) اثر کاربری زمین بر هدررفت اندازه فسفر بررسی کردند و نتیجه گرفتند که بیشترین اندازه هدررفت فسفر در کاربری کشاورزی به‌وسیله فرسایش است. همچنین، جذب فسفر به‌وسیله گیاهان و خروج آن به دلیل برداشت محصول از دیگر عامل‌های کاهش فسفر خاک در اثر کشاورزی است. ملک‌پور و همکاران (۲۰۱۱) اثر تغییر کاربری بر ویژگی‌های خاک را بررسی کردند و

نتایج نشان داد بیشترین اندازه میانگین فسفر قابل‌استفاده (۴۶/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در خاک‌های کاربری مرتع ضعیف و کمترین اندازه (۴۲/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در زمین‌های جنگلی مشاهده شد. تفاوت اندازه فسفر در میان خاک‌های کاربری‌های جنگل، مرتع قوی و کشاورزی از نظر آماری معنی‌دار نبود (شکل ۶). افزایش اندازه فسفر در خاک مرتع در مقایسه با زمین‌های زراعی را می‌توان به حضور و چرای دام در مراتع تحت چرا نسبت داد. زیرا، حرکت دام در سطح مرتع سبب دفن بیشتر فضولات و لاشبرگ می‌شود. همچنین، به دلیل تردد دام و به هم خوردن خاک سطحی، تحرک فسفر موجود در سطح خاک بیشتر می‌شود. در زمین‌های کشاورزی با برداشت فسفر به‌وسیله محصولات زراعی، این عنصر به خاک بازگشت داده نمی‌شود. در پژوهشی عمادی و همکاران (۲۰۰۸) اثر تغییر کاربری زمین را بر ویژگی‌های خاک در بلندی‌های شمال ایران بررسی کردند و دریافتند که زراعت و تغییر کاربری اندازه کربن آلی، نیتروژن کل و فسفر موجود در خاک را

زمین‌های مرتعی کاهش یافت. این یافته با نتایج این پژوهش هم‌راستا است.

دریافتند که اندازه ماده آلی، کربن آلی، کلسیم، منیزیم، فسفر و آهک خاک به‌دلیل تغییر کاربری



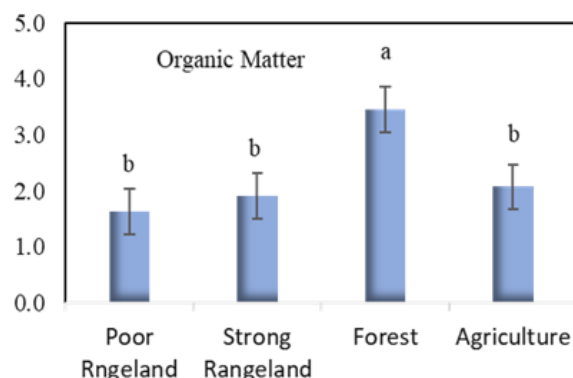
شکل ۶- میانگین غلظت فسفر قابل‌استفاده (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) در کاربری‌های مختلف (حروف مشابه نشان‌دهنده نبودن تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است).

Figure 6- Mean values of available phosphorus concentration (mg kg⁻¹ soil) in different land uses (Means followed by the same letters are not significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's Multiple Range Test).

ماده آلی خاک

با زمین دیگر کاربری‌های مطالعه‌شده بود. نتایج پژوهش عبدالله‌پور و همکاران (۲۰۲۴) نشان داد اندازه ماده آلی در کاربری جنگل در مقایسه با دیگر کاربری‌ها بیشتر بود. این یافته نشان‌دهنده توان زیاد جنگل در ترسیب کربن است. نتایج پژوهش صادقی میانرودی و همکاران (۲۰۲۲) نیز نشان داد ماده آلی در زمین‌های بایر بسیار کمتر از زمین‌های تحت کشت نیشکر بود که دلیل این موضوع را بازگشت بقایای نیشکر به سطح خاک مزارع گزارش کردند. مهدوی و همکاران (۲۰۱۸) نیز دریافتند مهمترین عامل موثر در تسریع کاهش مواد آلی در خاک، عملیات خاکورزی است که سبب افزایش سرعت تجزیه مواد آلی خاک طی عملیات شخم شد و کربن آلی خاک به‌شکل دی‌اکسیدکربن از خاک خارج می‌شود. به این دلیل کمترین اندازه کربن آلی خاک در کاربری کشاورزی مشاهده شد که با نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش هم‌راستا است.

نتایج نشان داد اثر کاربری زمین بر اندازه ماده آلی خاک معنی‌دار بود. بیشترین اندازه ماده آلی (۳/۴۵٪) در خاک‌های کاربری جنگل و کمترین اندازه ماده آلی (۱/۶۴٪) در زمین‌های مرتع ضعیف مشاهده شد. هرچند تفاوت اندازه ماده آلی در میان کاربری‌های مرتع و کشاورزی از نظر آماری معنی‌دار نبود (شکل ۷). این موضوع به‌دلیل تفاوت در نوع و اندازه پوشش گیاهی و اندازه لاشبرگ در کاربری جنگل در مقایسه با دیگر کاربری‌ها بود. همچنین، در زمین‌های جنگلی با ریزش شاخ و برگ گیاه، مواد آلی بیشتری در خاک ذخیره می‌شود. درحالی‌که در دیگر کاربری‌ها اندازه برگشت ماده آلی به خاک بسیار کمتر است. به‌بیان دیگر این تغییر در اندازه ماده آلی در کاربری‌های مختلف به اندازه ورودی و برداشت ماده آلی در هر کاربری مرتبط است، به‌طوری‌که در زمین‌های جنگلی اندازه ورود مواد آلی به خاک زیاد و اندازه برداشت (خروج) آن کمتر است. این موضوع نشان‌دهنده توان بیشتر زمین‌های جنگلی برای ترسیب کربن در مقایسه



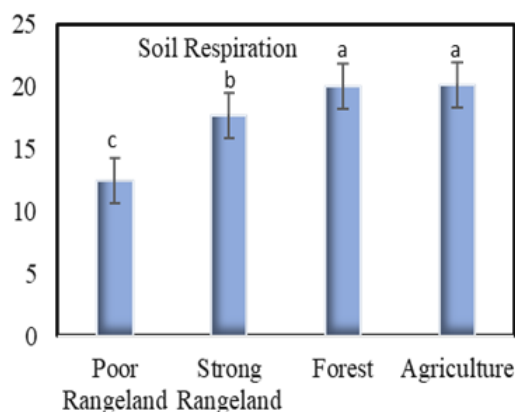
شکل ۷- میانگین ماده آلی (درصد) در کاربری‌های مختلف (حروف مشابه نشان‌دهنده نبودن تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است).

Figure 7- Mean values of organic matter (%) in different land uses (Means followed by the same letters are not significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's Multiple Range Test).

تنفس میکروبی خاک

جدید و تنوع و فراوانی ریزجانداران سبب افزایش آن می‌شود. مظاهری و بازگیر (۲۰۱۹) گزارش کردند بیشترین اندازه تنفس میکروبی پایه (که به اندوخته ماده آلی و توده زنده یا فراوانی ریزجانداران خاک وابسته است) و برانگیخته (که تنها به توده زنده و فراوانی ریزجانداران خاک وابسته است) و زیست‌توده میکروبی در کاربری جنگل در مقایسه با مرتع و کشاورزی مشاهده شد. در پژوهشی، رسولی صادقیانی و همکاران (۲۰۱۶) دریافتند تغییر کاربری از جنگل به زراعت و باغ سبب کاهش تنفس میکروبی پایه خاک شد. اکبری شهریاری و همکاران (۲۰۲۳) گزارش کردند جمعیت غالب ریزجانداران خاک را هتروتروف‌ها تشکیل می‌دهند که از مواد آلی خاک به‌عنوان منبع کربن و انرژی استفاده می‌کنند. ازاین‌رو، به نظر می‌رسد که افزایش مواد آلی با افزایش جمعیت باکتریایی و قارچی همبستگی مثبت داشته باشد.

نتایج نشان داد که اثر نوع استفاده از زمین بر تنفس میکروبی خاک معنی‌دار بود، به‌طوری‌که اندازه تنفس میکروبی خاک در کاربری‌های جنگل و کشاورزی در مقایسه با خاک‌های مرتع بیشتر بود. بیشترین اندازه تنفس میکروبی خاک در کاربری‌های کشاورزی (۲۰/۱۰ میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در گرم خاک در روز) و جنگل (۲۰/۰۲ میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در گرم خاک در روز) و کمترین اندازه تنفس خاک در خاک‌های مراتع ضعیف (۱۲/۴۰ میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در گرم خاک در روز) مشاهده شد (شکل ۸). تنفس خاک در کاربری‌های مطالعه‌شده تغییرات شدیدی را نشان داد. میکروب‌های خاک فعال‌ترین بخش بوم‌سازگان زمین هستند و نقش مهمی در تجزیه و معدنی‌سازی مواد آلی خاک دارند. علیدوست و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند بیشترین تنفس در خاک مربوط به کاربری جنگل بود و تابع الگوی تغییرات مواد آلی بود. تنفس خاک یکی از ویژگی‌های وابسته به اقلیم است و مواد آلی زیاد، افزودن مواد آلی

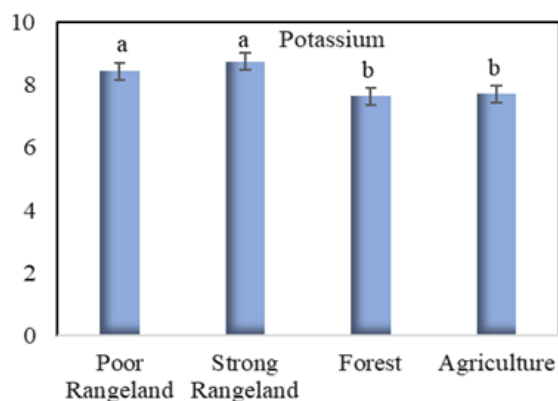


شکل ۸- میانگین تنفس میکروبی پایه خاک (میلی گرم دی اکسید کربن در گرم خاک در روز) در کاربری‌های مختلف (حروف مشابه نشان‌دهنده نبودن تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است).
 Figure 8- Mean values of soil respiration (mg CO₂/g day) in different land uses (Means followed by the same letters are not significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's Multiple Range Test).

پتاسیم محلول خاک

میلی گرم در لیتر) و کمترین آن در کاربری جنگل و کشاورزی (۷/۷ و ۹/۴ میلی گرم در لیتر) مشاهده شد (شکل ۲). این تفاوت‌ها از نظر آماری معنی‌دار بودند (شکل ۹).

نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش نشان داد اندازه پتاسیم در زمین‌های با پوشش گیاهی خوب مانند جنگل و کشاورزی (احتمالاً به‌دلیل آبیاری و برداشت به‌وسیله گیاه) کمتر بود، به طوری که بیشترین اندازه پتاسیم در کاربری‌های مراتع ضعیف و قوی ۹/۱ و ۷/۸



شکل ۹- میانگین غلظت پتاسیم محلول (میلی گرم در لیتر) در کاربری‌های مختلف (حروف مشابه نشان‌دهنده نبودن تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است).

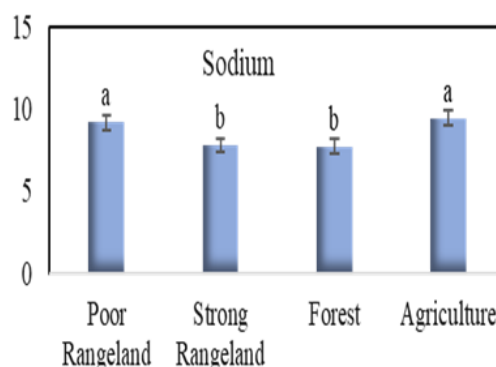
Figure 9- Mean values of soluble potassium concentration (mg L⁻¹) in different land uses (Means followed by the same letters are not significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's Multiple Range Test).

(۲۰۱۷) دریافت با تبدیل کاربری مرتع به دیگر کاربری‌ها، اندازه درصد آهک، پتاسیم، فسفر و سنگریزه کاهش یافت.

سدیم محلول خاک

اثر کاربری‌های مختلف بر اندازه سدیم خاک معنی‌دار بود به‌طوری‌که بیشترین اندازه میانگین سدیم (۹/۴ میلی‌گرم در لیتر) در زمین‌های کشاورزی و کمترین آن (۷/۷ میلی‌گرم در لیتر) در زمین‌های جنگل به‌دست آمد (جدول ۲). اما، این تفاوت در زمین‌های جنگل و مراتع قوی از نظر آماری معنی‌دار نبود (شکل ۱۰).

در پژوهشی بستانی و سوابقی (۲۰۱۱) کاهش اندازه پتاسیم قابل‌جذب را به‌دلیل کشت دراز مدت نیشکر گزارش کردند. در جنوب اتیوپی، لمانی و همکاران (۲۰۲۱) مشاهده کردند که اندازه پتاسیم قابل‌جذب با گذشت ۱۰ سال پس از قطع درختان جنگلی و تغییر کاربری ۳۶۵٪ افزایش یافت. این پژوهشگران دلیل این موضوع را ناشی از کاربرد کودهای پتاسه در کاربری زراعی گزارش کردند. با توجه به اینکه معمولاً بیشترین پتاسیم در سطح خاک است، هدررفت آن در اثر فرسایش به‌علت تغییر کاربری قابل توجه است. پدیده آبشویی و فرسایش آبی را می‌توان از دلیل‌های مهم هدررفت پتاسیم در کاربری‌های کشاورزی و جنگل در مقایسه با خاک مرتع دانست. پیچند



شکل ۱۰- میانگین غلظت سدیم محلول (میلی‌گرم در لیتر) در کاربری‌های مختلف (حروف مشابه، نشان‌دهنده نبودن تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است).

Figure 10- Mean values of soluble sodium concentration (mg L⁻¹) in different land uses (Means followed by the same letters are not significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's Multiple Range Test).

معنی‌دار نشد. همچنین، این پژوهشگران گزارش کردند که احتمالاً یکی از دلیل‌های افزایش شوری خاک استفاده از کودهای شیمیایی در زمین‌های آبی منطقه است. در پژوهشی مظفری و همکاران (۲۰۱۹) مشاهده کردند اندازه سدیم، پتاسیم و نسبت‌جذبی‌سدیم در کاربری باغ بیشتر از زمین‌های زراعی بود. این یافته می‌تواند ناشی از افزودن کودهای شیمیایی و دامی به کاربری باغ باشد. قربانی و همکاران (۲۰۱۳) دریافتند به‌دلیل تغییر کاربری زمین‌های مرتعی به کشاورزی اندازه‌های کاتیون‌های محلول سدیم و پتاسیم به‌طور معنی‌داری تغییر یافت، به‌طوری‌که اندازه سدیم در زمین‌های کشاورزی در

این یافته می‌تواند به‌دلیل استفاده از کودهای شیمیایی در کشاورزی و همچنین عملیات کشت و کار و شوری ثانویه ناشی از کم‌آبایی و تأمین نشدن نیاز آبشویی به‌دلیل کمبود منابع آب و آبیاری با آب‌های با کیفیت نامطلوب باشد. همچنین، می‌توان گفت در زمین‌های با پوشش گیاهی ضعیف و چرای بی‌رویه دام‌ها، پوشش گیاهی کاهش خواهد یافت و در نتیجه تبخیر از سطح خاک افزایش خواهد یافت که این موضوع نیز سبب افزایش سدیم خاک می‌شود. در پژوهش علیدوست و همکاران (۲۰۱۸) نیز دریافتند بیشترین اندازه سدیم مربوط به خاک‌های کشاورزی بود و در دیگر کاربری‌ها تفاوت این اندازه از نظر آماری

مقایسه با زمین‌های مرتعی ۱/۵ برابر بیشتر بود. بر پایه نتایج این پژوهش می‌توان گفت وضعیت نابودی زمین‌ها باید از چهار دیدگاه شیمیایی، فیزیکی، فرسایش و زیستی بررسی شود. نتایج این پژوهش بیانگر اثرات نوع کاربری زمین بر ویژگی‌های حاصلخیزی خاک بود. خاک‌های تحت پوشش کاربری‌های مختلف با اندازه‌های متفاوتی از عناصر کم‌مصرف، ماده آلی و تنفس میکروبی مشاهده شدند. همچنین، مشاهده شد روند کاهش ویژگی‌های مهم حاصلخیزی تابع الگوی کاربری‌های مختلف زمین است و هشدار جدی برای نابودی بیش از پیش خاک در منطقه بررسی شده است. این نکته سبب کاهش توان تولیدی خاک و خارج شدن آنها از چرخه تولید خواهد شد. به بیان دیگر هنگامی نابودی زمین رخ می‌دهد که توانایی خود را برای ارائه هرچه بهتر خدمات زیست‌محیطی، بوم‌شناختی و اقتصادی از دست می‌دهد. نتایج این پژوهش بیانگر وجود اندازه‌های قابل قبولی از ماده آلی و عناصر در زمین‌های با پوشش گیاهی خوب بود. درحالی‌که زمین‌های با پوشش گیاهی کم اندازه‌های کمتری از این دو سنجه دارند. این موضوع می‌تواند نشان‌دهنده تمایل بیشتر زمین‌های با پوشش گیاهی کمتر به نابودی باشد. هرچند کاهش عناصر و ماده آلی و به همراه آن کاهش پوشش گیاهی توان بالقوه خاک را در برابر فرسایش آبی و بادی افزایش خواهد داد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج نشان داد در زمین‌های با پوشش گیاهی خوب (مانند جنگل) اندازه ماده آلی (۳/۴۵٪) و عناصر کم‌مصرف مانند آهن و روی به ترتیب ۰/۵ و ۰/۱۲ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک و تنفس میکروبی خاک ۲۰/۰۲ میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در گرم خاک در روز) بود. دلیل این یافته بازگشت بیشتر مواد آلی به خاک و افزایش سرعت تجزیه مواد آلی بیشتر است. این موضوع سبب افزایش حاصلخیزی و بهبود شرایط رشد گیاهان می‌شود. از این رو، مدیریت صحیح منابع طبیعی و حفظ جنگل‌ها به منظور نگهداشت

کیفیت خاک و انجام عملیات مدیریتی از جمله جلوگیری از قطع درختان و چرای بی‌رویه در مراتع پیشنهاد می‌شود. به‌طور کلی نوع زمین بر شاخص‌های مختلف زیستی و حاصلخیزی خاک به شکل‌های متفاوتی اثرگذار است. مفهومی کلی از نابودی مراتع که به‌طور یکنواخت در همه شرایط استفاده شود وجود ندارد و لازم است ویژگی یا ویژگی‌های نابودی تعریف شود. اما، بر اساس دیدگاه پژوهشگران این عرصه، نابودی مراتع با کاهش پایداری زیستی و بهره‌وری اقتصادی در ارتباط با استفاده نادرست یا ناپایدار از زمین و تأثیر این استفاده ناپایدار در آب‌شناسی، فرآیندهای خاک و ترکیب پوشش گیاهی تعیین می‌شود (بدونه و انگر ۲۰۱۲). از سوی دیگر، کاهش تولید علوفه خشک به‌عنوان عامل بسیار مهمی بر سنجش اندازه نابودی مراتع استفاده می‌شود. در این پژوهش نتایج بررسی وضعیت برخی شاخص‌های زیستی و حاصلخیزی خاک‌ها تحت کاربری‌های مختلف نشان داد که وضعیت خاک‌های مرتعی از دیدگاه اندازه عناصر کم‌مصرف مانند روی (۰/۰۸ میلی‌گرم در کیلوگرم)، آهن (۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم)، تنفس میکروبی (۱۲/۴۰ میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در گرم خاک در روز)، ماده آلی (۱/۶۴٪) در مقایسه با خاک دیگر کاربری‌ها نامناسب‌تر و شکننده‌تر بود. بر اساس نتایج این پژوهش، زمین‌های مراتع ضعیف در مقایسه با دیگر کاربری‌ها نیازمند برنامه‌های مدیریتی ویژه‌تر و مدون‌تر برای احیا، جلوگیری از روند نابودی، کاهش حاصلخیزی و کیفیت زیستی و بازگشت توان بالقوه خاک، می‌باشند. دستیابی به این هدف نیازمند دانش و اطلاعات کافی از اینگونه زمین‌ها است. از این رو، بی‌توجهی به نوع زمین می‌تواند در کوتاه‌مدت سبب کاهش عملکرد و سرانجام در درازمدت سبب ازدست‌رفتن بهره‌دهی منابع طبیعی شود. در این راستا، پیشنهاد می‌شود پایش جدی و مداوم زمین‌های آسیب‌پذیر، برای بررسی توان بالقوه حاصلخیزی و باروری خاک انجام شود و روند رو به کاهش و سرعت ازدست‌رفتن قدرت تولید سنجیده شود. همچنین، پیشنهاد می‌شود با

تضاد منافع نویسندگان

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافی در راستای نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارند.

دسترسی به داده‌ها

همه اطلاعات و نتایج در متن مقاله ارائه شده است.

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول: مفهوم‌سازی، نمونه‌برداری و اندازه‌گیری‌های میدانی و آزمایشگاهی، انجام تحلیل‌های نرم‌افزاری/آماري، نگارش نسخه اولیه مقاله، بررسی نتایج

نویسنده دوم: راهنمایی، مفهوم‌سازی، ویرایش و بازبینی مقاله، بررسی نتایج

نویسنده سوم: مفهوم‌سازی، مشاوره، بازبینی متن مقاله، بررسی نتایج

نویسنده چهارم: مفهوم‌سازی، مشاوره، بازبینی متن مقاله، بررسی نتایج

داشتن اطلاعات کافی از وضعیت زمین‌ها، همراه با اجرای برنامه‌های هماهنگ و مدون با آگاهی بخشی به مردم، از نیروهای مردمی برای حفاظت از زمین‌ها بهره‌گرفته شود. همچنین، با توجه به مشکلات نمونه‌برداری، زمان‌بر بودن و هزینه‌بر بودن اندازه‌گیری‌ها و نیاز به ابزارها و دستگاه‌های آزمایشگاهی و مواد شیمیایی، پیشنهاد می‌شود به‌منظور افزایش سهولت و صرفه‌جویی در زمان و منابع مالی برای پایش‌های مستمر و دوره‌ای وضعیت زمین‌ها، از روش‌های مختلف آماری، زمین آمار و ... برای کاهش تعداد نمونه‌ها و برآورد ویژگی‌ها با دقت قابل قبول استفاده شود. همچنین، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی با بررسی ویژگی‌های مختلف خاکی، گیاهی و ... مرتبط با کیفیت و سلامت زمین، شاخص‌های تلفیقی مناسب برای بررسی وضعیت زمین ارائه و محاسبه شوند.

فهرست منابع

- Abdollahpour AR, Barani Motlagh M, Bostani A, Kiani F, Khormali F, Ghorbani Nasrabadi R. 2024. Changes in chemical components and soil organic carbon resistance index as a result of land use change in loess-derived soils of Toshan region, Golestan Province. *Agricultural Engineering (Scientific Journal of Agriculture)*. 47(1): 5-55. (In Persian). <https://doi.org/10.22055/agen.2024.44158.1674>
- Akbari-Shahriari F, Boroomand N, Shahriari A, Shirmohammadi E, Fazeli-Nasab B. 2023. The effect of land use changes on soil organic carbon and determination of the affecting soil factors in a bio-sequence (Case study: Jazink region of Sistan Plain). *Journal of Water and Soil Conservation*. 30(1): 131-150. (In Persian). <https://doi.org/10.22069/jwsc.2023.20864.3604>
- Amali N, Siroosi H, Sadeghipour A. 2020. Impacts of wind erosion and seasonal changes on soil carbon dioxide emission in southwestern Iran. *Arid Land*. 12: 690-700. <https://doi.org/10.1007/s40333-020-0018-5>
- Askari MS, Rostamkhani G, Amanifar S, Khoshzaman T. 2020. Evaluation of physical

- and biological soil quality using spectroscopy in agricultural lands of Zanjan province. *Journal of Water and Soil Resources Conservation*. 10(1): 45-61. (In Persian). <https://sid.ir/paper/412931/en>
- Boostani H, Najafi Ghiri M, Mahmoodi A. 2019. Effect of land use change on potassium chemical fractions and availability of some soil nutrients in Darab Region, Fars Province. *Applied Soil Research*. 7(3): 180-191. (In Persian).
- Bostani A, Savaghebi Gh. 2011. Study of potassium fixation capacity in some under-cultivation sugarcane soils in Khuzestan. *The Journal of Water and Soil*. 25(5): 982-993. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/jsw.v0i-.11206>
- Eftekhari A, Ghilichniya H, Parsaei L, Yousefiyan M, Moetamedi J, Nateghi S. 2024. Preliminary evaluation of vegetation and soil monitoring on grasslands and meadows in humid and semi-humid areas of the north of the country. *The Nature of Iran*. 25(2): 21-30. (In Persian). <https://doi.org/10.22092/irn.2023.129211>

- Emadi M, Emadi M. 2008. Effect of land use change on selected soil physical and chemical properties in North Highlands of Iran. *Journal of Applied Sciences*. 8(3): 496-502. <https://doi.org/10.3923/jas.2008.496.502>
- Emami, H., Astaraei, A. R., & Fotovat, A. (2014). Evaluating the effect of organic matter on soil quality score functions. *Journal of Water and Soil*, 28(3), 565-574. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/jsw.v0i0.22840>
- Falahatkar S, Hosseini SM, Salman Mahiny AR, Ayoubi SH. 2016. Prediction of land use/cover change by using LCM model. *Environmental Research*. 7(13): 163-174. (In Persian).
- Ghorbani H, Kashi H, Hafezi M. 2013. The effect of changing land use on soil physical and chemical properties in Golestan province. *Soil Management*. 3(2): 49-58. (In Persian).
- Haghverdi K, Tavakoli Feizabadi M. 2025. The effect of land use on soil physicochemical and biological characteristics in the west of Mazandaran province. *Iranian Journal of Soil and Water Research (IJSWR)*. 55(8): 1323-1343. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.370566.669>
- Hamilton SE, Casey D. 2016. Creation of a high spatio-temporal resolution global database of continuous mangrove forest cover for the 21st century (CGMFC-21). *Global Ecology and Biogeography*. 38: 729-725. <https://doi.org/10.1111/geb.12449>
- Hatami A, Sadeghian S, Jafari E, Jamzad Z, Jalili A. 2017. The conservation status of *Salvia lachnocalyx* Hedge. *Iran Nature*. 2(5): 98-103. (In Persian). <https://doi.org/10.22092/im.2017.113629>
- Havlin J, Beaton JD, Tisdale S, Nelson W. 2007. *Soil fertility and fertilizers* (7th Ed.). MacMillan Publishing Co.
- Heidarizadi Z, Mohammadi AR. 2015. Predicting land use changes in Mehran plain using the automatic-arkov cell model. *Journal of Desert Ecosystem*. 5(10): 57-68. (In Persian).
- Heydari P, Hojati S, Enayatizamir N, Rayatpisheh A. 2017. Effect of land use change on C stock and some biological characteristics of soils in parts of Rakaat Watershed east of Khuzestan Province. *Iranian Journal of Range and Desert Research*. 24(1): 181-192. (In Persian). <https://doi.org/10.22092/ijrdr.2017.109859>
- Jafareiyani N, Karami O. 2022. Evaluating the rate of natural land degradation based on land use change in Zagros forests. *Integrated Watershed Management*. 1(2): 47-61. <https://doi.org/10.22034/iwm.2022.250824>
- Karimi H. 2013. *Range Management* (9th Ed.). Tehran University Press. (In Persian).
- Khosravi H, Zehtabian GH, Azare A, Eskandari H. 2018. Investigating and comparing the effects of agricultural activities on soil degradation characteristics. *Journal of Rangeland*. 2(12): 232-241.
- King E, Roberts M, Herrick J. 2004. Symposium 23: Ecological theory and rangeland sustainability: Local strategies, global solutions. Making ecology relevant to sustainability: Trends, lessons and challenges for stronger links between ecology, society and policy. Annual meeting. Portland, Oregon, IALE, USA.
- Kooch Y, Shahpuri A, Joloro H, Haghverdi K, Tavakoli Feizabadi M. 2024. The effect of land use on soil physicochemical and biological characteristics in the west of Mazandaran Province. *Iranian Journal of Soil and Water Research*. 55(8): 1323-1343. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.370566.669>
- La Manna L, Tarabini M, Gomez F, Mostagno CM. 2021. Changes in soil organic matter associated with afforestation affect erosion processes: The case of erodible volcanic soils from Patagonia. *Geoderma*. 403: 115265.
- Lindsay WL, Norvell WA. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society of America Journal*. 42: 421-428.
- Mahdavi A, Razavinia Z, Bazgir M, Rostaminia M. 2018. The effect of land use changes on soil quality indicators and carbon sequestration in a semi-arid area. *Scientific Journal of Desert Ecosystem Engineering*. 8(22): 101-113. (In Persian). <https://doi.org/10.22052/deej.2018.7.22.51>
- Malekpour B, Ahmadi T, Kazemi Mazandarani SS. 2011. The effect of land use change on the physical and chemical properties of soil in Kohnesh Lashkar-e-Jor, Nowshahr County. *Science and Technology of Natural Resources*. 6(3): 115-126.
- Mazaheri M, Bazgir M. 2019. The effect of climate and land uses on soil microbial biomass and activities. *Iranian Journal of Forest*. 11(2): 179-194. (In Persian).
- Moosavi SM, Emami H, Haghnia G. 2018. The effect of changing land use on soil physical and fertility properties in the Nehbandan area. *Agricultural Engineering*. 18(2): 59-69. (In Persian). <https://doi.org/10.22055/agen.2018.21955.1350>
- Mozaffari H, Moosavi A, Sepaskhah AR. 2019. Effect of land use on some physical and chemical properties of a calcareous soil. *Journal*

- of Soil Research. 33(4): 525-541. (In Persian). <https://doi.org/10.22092/ijsr.2019.126942.460>
- Mozaffari H, Moosavi AA, Sepaskhah AR, Cornelis W. 2022. Long-term effects of land use type and management on sorptivity, macroscopic capillary length, and water-conducting porosity of calcareous soils. *Arid Land Research and Management*. 36(4): 371-397.
- Mozaffari H, Moosavi AA, Sepaskhah AR. 2021. Land use-dependent variation of near-saturated and saturated hydraulic properties in calcareous soils. *Environmental Earth Sciences*. 80: 1-17. <https://doi.org/10.1080/15324982.2022.2066582>
- Mulia R, Hoang SV, Dinh VM, Duong NB, T Nguyen, AD, Lam DH, Thi Hoang DT, Van Noordwijk M. 2021. Earthworm diversity, forest conversion and agroforestry in Quang Nam Province, Vietnam. *Land*. 10(1): 36:1-19. <https://doi.org/10.3390/land10010036>
- Owliaie HR, Adhami E, Najafi Ghiri M. 2022. Changes in soil magnetic properties and iron oxides following land use change (case study: Mokhtar Plain, Kohgilouye Province). *Journal of Water and Soil*. 36(2): 267-282. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/jsw.2022.75178.1140>
- Owliaie HR, Adhami E, Najafi Ghiri M. 2023. Effect of land use change on some fertility and biological properties of the soils of Yasouj Forest Region. *Isfahan University of Technology*. 27(3): 57-75. (In Persian). <https://doi.org/10.47176/jwss.27.3.53491>
- Page C, Sparks DL, Noll MR, Hendricks GJ. 1987. Kinetics and mechanisms of potassium release from sandy Middle Atlantic Coastal Plain soils. *Soil Science Society of America Journal*. 51: 1460-1465.
- Pichand M. 2017. The effect of grassland conversion to other agricultural uses on some soil physicochemical properties (Case study: Watershed Basin of Amameh). *Natural Ecosystems*. 8: 99-122. (In Persian).
- Reddy P, Lakshmi V, Kamalakar J, Rao S. 2017. Critical levels of micro and secondary nutrients in soils and crops for optimum plant nutrition. *International Journal of Scientific Research*. 6(5): 593-595.
- Reed ST, Martens D. 1996. Copper and zinc. In D. L. Sparks (Ed.), *Methods of soil analysis*. Part 3- Chemical Methods. SSSA Book Ser. 5. SSSA, Madison, WI. pp. 703-722.
- Sadeghi Mianrodi M, Moezi A, Gholami A, Babaei-nejad T, Panahpur E. 2022. Effects of land-use change on soil physical characteristics and nutrients in northern Khuzestan. *Agricultural Engineering*. 44(4): 381-397. (In Persian). <https://doi.org/10.22055/agen.2022.39468.1622>
- Saeedi HR, Sadeghipour A, Kamali N, Zolfaghari AA. 2023. Influence of different land uses on some soil microbial indices (Case study: Lasjerd, Semnan Province, Iran). *Journal of Desert Management*. 11(2): 49-60. (In Persian). <https://doi.org/10.22034/jdmal.2023.2003379.1416>
- Shankar A, Garkoti SC. 2024. Influence of forest types on soil physicochemical and biological characteristics of associated agroecosystems in the central Himalaya. *Science of the Total Environment*. 906: 167731. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.202.167731>
- Sohrabi H, Jourgholami M, Lo Monac A, Picchio R. 2022. Effects of forest harvesting operations on the recovery of earthworms and nematodes in the Hyrcanian old-growth forest: Assessment, mitigation, and best management practice. *Land*. 11(5): 746:1-15. <https://doi.org/10.3390/land11050746>
- Vanacker V, Ameijeiras-Mariño Y, Schoonejans J, Cornélis JT, Minella JP, Lamouline F, Vermeire ML, Campforts B, Robinet J, Van de Broek M, Delmelle P, Opfergelt S. 2019. Land-use impacts on soil erosion and rejuvenation in Southern Brazil. *Catena*. 178: 256-266.
- Wang T, Kang F, Cheng X, Han H, Ji W. 2016. Soil organic carbon and total nitrogen stocks under different land uses in a hilly ecological restoration area of North China. *Soil and Tillage Research*. 163: 163-184. <https://doi.org/10.1016/j.still.2016.05.015>
- Zahedifar M. 2017. Sequential extraction of zinc in the soils of different land use types as influenced by wheat straw-derived biochar. *Journal of Geochemical Exploration*. 182: 22-31. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2017.08.007>
- Zahedifar M. 2020. Iron fractionation in the calcareous soils of different land uses as influenced by biochar. *Waste and Biomass Valorization*. 11(5): 2321-2330. <https://doi.org/10.1007/s12649-018-0481-9>
- Zahedifar M. 2023a. Assessing alteration of soil quality, degradation, and resistance indices under different land uses through network and factor analysis. *Catena*. 222: 106807. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106807>
- Zahedifar M. 2023b. Feasibility of fuzzy analytical hierarchy process (FAHP) and fuzzy TOPSIS methods to assess the most sensitive soil attributes against land use change. *Environmental Earth Science*. 82(10): 248. <https://doi.org/10.1007/s12665-023-10934-y>



Assessing the Status of Soil Biological and Fertility Indices in Calcareous Soils under Various Land Uses in the Central and Northern Regions of Fars Province

Zahra Zarei¹, Seyed Ali Akbar Moosavi^{2*}, Mehdi Zarei³, Mohammad Amin Nematollahi⁴

1- Ph.D. Student, Department of Soil Science and Engineering, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

2 and 3- Professor, Department of Soil Science and Engineering, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

4- Associate Professor, Department of Biosystems Engineering, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

Extended Abstract

Introduction and Goal

Land management and land use change significantly affect soil status and related indicators, including the quantity and quality of soil fertility, as well as soil microbial biomass and respiration. Due to the application of various management methods and land use, different size of plant residues and different quality are produced, and the diversity of characteristics of these plant residues effect the composition, function of soil microbial communities, various biological indicators, soil fertility and soil quality. On the other hand, land use change also affects various soil characteristics, soil quality and related indicators. In this regard, based on the results of documented research, the effect of land use type on the status biological indicators and soil fertility in calcareous soils of Fars province has not been investigated, and the need to conduct such research is essential. Therefore, this study aimed to evaluate the status of some biological and fertility indicators in calcareous soils in different land uses in a part of Fars Province.

Materials and Methods

In this study, soil samples were taken from 300 points located in the central and northern half of Fars province. These samples were collected from May to July 2019 from a depth of 0 to 30 cm in four land uses, including forest, agriculture, strong rangeland, and poor rangeland.

Samples taken from each point, were transported into plastic bags and, after labeling, sent to the laboratory. Then, for chemical analysis and measurement of the desired properties, they were air-dried, and passed through a sieve with a two mm opening diameter. In addition, in these samples, some biological and soil fertility indicators, including organic matter, trace elements, and soil microbial respiration, were measured using standard conventional methods.

Article Type: Research Article

***Corresponding Authors' E-mail:** aamousavi@gmail.com

Citation: Zarei, Z., Moosavi, S. A. A., Zarei, M., Nematollahi, M. A. 2026. Assessing the Status of Soil Biological and Fertility Indices in Calcareous Soils Under Various Land Uses in the Central and Northern Regions of Fars Province. Watershed Management Research. 38(4): 1-22.

DOI: 10.22092/wmrj.2025.369171.1619

Received: 24 April 2025, **Received in revised form:** 09 July 2025, **Accepted:** 22 September 2025

Published online: 01 January 2026

Watershed Management Research, Vol.38, No.4, Ser. No: 149, Winter 2026, pp. 1-22.

Publisher: Fars Agricultural and Natural Resources and Education Center

©Author(s)



In this study, the normality of the data distribution was examined using the Kolmogorov-Smirnov statistical test. One-way analysis of variance (ANOVA) of the data was performed in a completely randomized design using the SPSS software. To the significance of the difference in the mean size of the studied soil properties among the considered land uses, the comparison of mean was also performed using Duncan's multiple range test at the probability level of 5%.

Results and Discussion

The results of this study showed that the difference in the manganese, copper, iron, organic matter, and basic soil respiration indices were significant among the studied land uses. The indices related to the amount of iron, copper, zinc, sodium, organic matter, and microbial respiration in agricultural lands were higher than in poor rangeland lands. The reason for this finding was the use of chemical fertilizers in these lands. Also, in lands with good vegetation cover, the amounts of organic matter and trace elements were higher due to the greater return of organic matter to the soil and the increased rate of organic matter decomposition. Also, in agricultural soils, due to the secretion of organic acids from the plant roots and formation of chelates with trace elements in the soil the solubility and absorbable form of these elements in the soil increased. In forest lands, more organic matter was stored in the soil as leaves and branches of the plant fell. While in other uses, the amount of organic matter returned to the soil was much lower. In other words, this change in the amount of organic matter in different land uses was related to the amount of input and removal of organic matter in each land use, such that in forest lands the amount of organic matter entering the soil is high and the amount of removal (exit) is lower. The highest amount of organic matter (3.45%) was observed in forest soil and the lowest amount of organic matter (1.64%) was found in rangelands with poor vegetation cover. This finding indicated the greater capacity of forest lands for carbon sequestration compared to lands of other land uses studied. Additionally, the highest soil microbial respiration was observed in agricultural (20.10 mg CO₂/g per day) and forest land (20.02 mg CO₂/g per day), and the lowest soil respiration was found in poor rangelands (12.40 mg CO₂/g per day), which was a function of organic matter change pattern. Soil respiration is a climate-dependent characteristic, and it is increased by high organic matter, the addition of new organic matter, and the diversity and abundance of microorganisms.

Conclusion and Suggestions

The results of the study of biological and soil fertility indicators in the various land uses studied showed that, in general, the type and change of land use and, as a result, changes in the conditions or methods of land management and management operations can significantly affect various indicators related to biological status and soil fertility. Therefore, ignoring the type of land can lead to a decrease in yield in the short term and ultimately to a loss of natural resource utilization in the long term. According to the results, poor rangeland lands, compared to other land uses, require more specific and well-documented management programs to restore them, prevent the process of destruction, reduce fertility and biological quality, and restore soil potential. In this regard, it is recommended that serious and continuous monitoring of vulnerable lands be carried out to examine the potential fertility and soil fertility, and to measure declining trend and the speed of loss of productive power. It is also suggested that, along with implementing coordinated and documented programs and raising public awareness, people's forces be utilized to protect the lands.

Keywords: Biological characteristics, land management, land use, micronutrients, organic matter, soil respiration

Article Type: Research Article

Acknowledgement

The authors sincerely thank Shiraz University for all the needed support.

Conflicts of interest

The authors of this article declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.

Data Availability Statement

All datasets and results are available in the manuscript.

Authors' Contribution

Author 1: Conceptualization, methodology, software/statistical analyses, writing - original draft preparation, formal analysis and investigation, and visualization

Author 2: Supervision, conceptualization, resources, manuscript editing, formal analysis and investigation, visualization

Author 3: Conceptualization, advisor, manuscript editing, and visualization

Author 4: Conceptualization, consulting, manuscript editing, and visualizatio