

بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و فرسایش در مناطق خشک (مطالعه موردی: منطقه‌ی هیرمند سیستان)

منصور جهان تیغ: دانشیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل، ایران

معین جهان تیغ*: دانشجوی دکتری گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گرگان

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۳/۱۴

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱/۱۸)

چکیده

هدف از اجرای این تحقیق، بررسی خصوصیات فیزیکی - شیمیایی و فرسایش پذیری خاک در اراضی تغییر کاربری یافته‌ی منطقه‌ی سیستان است. برای اجرای این پژوهش تغییرات مکانی کاربری اراضی براساس تصاویر ماهواره‌ای بررسی شد. با استفاده از تصاویر سنجنده‌های ETM و OLI ماهواره‌ی لندست مربوط به سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۱۹، نقشه‌ی کاربری اراضی تهیه و نقشه تغییر کاربری یافته از مرتع به کشاورزی سیلابی و بایر مشخص و صحت‌سنجی شد. ۱۰ نمونه خاک از هر کاربری در قالب طرح بلوک تصادفی و از دو عمق ۲۵ - ۵۰ و ۵۰ - ۲۵ سانتی‌متر برداشت شد. یافته‌ها نشان داد که درصد رس، سیلت و شن در اراضی تغییر کاربری یافته از مرتع به کاربری‌های کشاورزی سیلابی و بایر تفاوت معنی‌دار داشته‌است ($P < 0/05$). در بررسی شاخص پایداری خاکدانه‌ها (DSA) نیز یافته‌ها نشان داد که مقادیر این شاخص در کاربری‌های کشاورزی سیلابی و بایر به ترتیب ۳۴ و ۴۵ درصد کاهش یافت. همچنین نتایج بیانگر کاهش به ترتیب ۱۸ و ۴۳ درصدی رطوبت خاک و افزایش معنی‌دار مقادیر وزن مخصوص ظاهری نسبت به کاربری مرتع بوده‌است. در بررسی خصوصیات شیمیایی خاک نیز یافته‌ها نشان داد که مقدار اسدیته، هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، سدیم و درصد آهک خاک در کاربری‌های کشاورزی سیلابی و بایر به طور معنی‌دار نسبت به کاربری مرتع، افزایش و در مقابل درصد مواد آلی و پتاسیم به طور محسوسی کاهش یافته‌است ($P < 0/05$). بر این اساس با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق، تغییر کاربری اراضی به ایجاد محدودیت‌هایی در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منجر شده که چنین تغییراتی تخریب خاکدانه‌ها و افزایش فرسایش پذیری خاک را در این اراضی به همراه داشته‌است. با توجه به بحران‌های زیست محیطی موجود، اتخاذ برنامه‌های مدیریتی مناسب در بهره‌برداری اصولی از اراضی منطقه‌ی سیستان ضروری به نظر می‌رسد.

واژگان کلیدی: تغییر کاربری اراضی، پایداری خاکدانه، خصوصیات خاک، سیستان، فرسایش.

* نویسنده مسئول: Moienja23@yahoo.com

۱- مقدمه

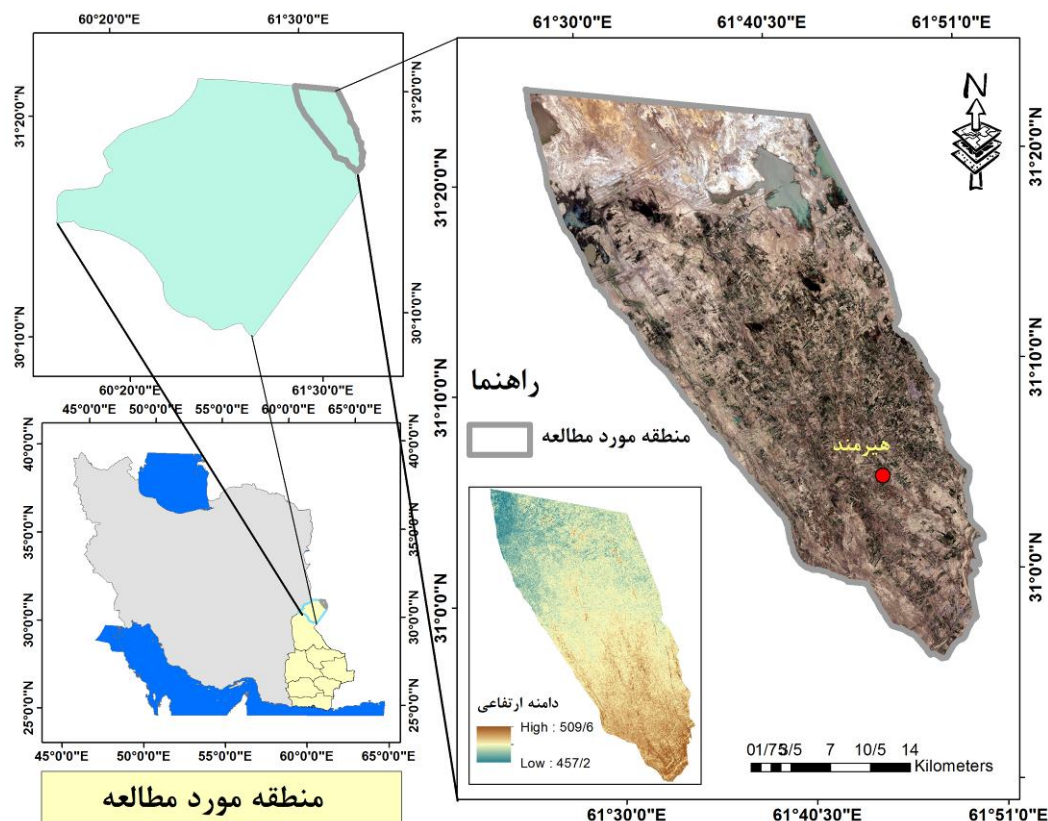
تغییر کاربری اراضی و فرسایش از جمله چالش‌های حاکم در عرصه‌های طبیعی می‌باشد که حفاظت از این اکوسیستم‌ها را با مشکلات متعددی مواجه ساخته است (Stroosnijder and Bewket, 2003). این مهم با توجه به اینکه امنیت غذایی، سلامت انسان، شهرنشینی، تنوع زیستی، مهاجرت و کیفیت آب و خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد، امروزه به یکی از نگرانی‌های قابل توجه در سطح دنیا در زمینه‌ی تخریب محیط‌زیست و تغییر اقلیم جهانی مبدل شده است (Chuai et al, 2013 & Celik, 2005). تبدیل اراضی از نظر اثرات سوئی که با از بین رفتن پوشش گیاهی و تغییر در شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی خاک ایجاد می‌کند، همواره از سوی محققان قابل توجه بوده است (Haghighi et al, 2010 & Golchin and Asgari, 2008). تغییر کاربری اراضی با اثرات چشمگیری که بر خصوصیات خاک دارد، به هدررفت ماده آلی خاک، کاهش قابلیت دسترسی و نگهداری عناصر غذایی، پایداری خاکدانه‌ها و تخریب ساختمان خاک منجر می‌شود که فرسایش و به تبع آن هدررفت مواد آلی، کاهش حاصلخیزی و شور شدن خاک را در پی دارد و حاصل آن، استفاده نشدن از اراضی تغییر کاربری یافته است (Munoz-Rojaz et al, 2015 & Saha and Kukal, 2015 & Biro et al, 2013 & Veihe, 2002). روند رو به رشد تبدیل اکوسیستم‌های طبیعی به اراضی کشاورزی و بایر به خصوص در مناطق گرم و خشک، با توجه به رشد جمعیت و افزایش تقاضا و بروز خشکسالی‌های طولانی مدت، تخریب محیط زیست و تسریع سیر قهقرایی در این مناطق را به همراه داشته است (Mahdavi et al, 2014 & Ebrahimzad et al, 2013). بر این اساس، تغییر کاربری اراضی تأثیر نامطلوبی بر خصوصیات خاک دارد و نقش بارزی در تخریب عرصه‌های طبیعی و تشدید بیابان‌زایی در مناطق خشک ایفا می‌کند؛ از این رو، مطالعه و بررسی آن از اهمیت بالایی برخوردار است. با توجه به اهمیت موضوع، محققان خارجی و داخلی تحقیقات گسترده‌ای در زمینه‌ی اثر تغییر کاربری اراضی بر خصوصیات فیزیکی - شیمیایی خاک و فرسایش‌پذیری آن انجام دادند که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: Liu و همکاران (2013)، در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در فلات‌های لسی چین پرداختند. آنان با اندازه‌گیری مشخصه‌های کربن آلی خاک، نسبت خاک‌دانه‌های پایدار در آب و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها دریافتند که مشخصه‌های مورد بررسی، در اراضی تغییر کاربری یافته به‌طور معنی‌دار نسبت به اراضی جنگلی و مرتع کاهش یافته‌است. در تحقیقی دیگر، David and Auwal (2015) به ارزیابی توزیع مواد مغذی خاک تحت تأثیر کاربری‌های کشاورزی، باغ و جنگل پرداختند. آنها با نمونه‌برداری از خاک کاربری‌های مختلف و اجرای تجزیه و تحلیل‌های آماری دریافتند که هدایت الکتریکی، کربن آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم و سولفات به‌طور قابل توجه متأثر از نوع کاربری اراضی بوده و مقدار ویژگی‌های مورد بررسی در کاربری‌های کشاورزی و باغ به جز میزان اسیدیته، هدایت الکتریکی و سولفات به‌طور معنی‌دار نسبت به خاک کاربری جنگل کاهش یافته‌است. در مطالعه‌ای دیگر، Srivastava و همکاران (2020) به بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر خصوصیات فیزیکی - شیمیایی خاک در منطقه‌ی خشک ویندیا در کشور هند پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که با تغییر کاربری اراضی جنگلی به اراضی ساوانا، کشاورزی و بایر، درصد رطوبت خاک، تخلخل، ظرفیت نگهداشت آب، کربن آلی و نیتروژن کل خاک کاهش و در مقابل، میزان هدایت الکتریکی، اسیدیته و وزن مخصوص ظاهری آن افزایش یافته‌است. در مطالعات صورت گرفته در ایران نیز Solaimani و آزموده (2010)، به بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و فرسایش‌پذیری خاک در سه کاربری جنگل، دیم و باغ پرداختند. آنها دریافتند که میزان ماده آلی و نیتروژن در

اراضی جنگلی بیش از سایر کاربری‌های مورد مطالعه است. همچنین گزارش دادند که تغییر کاربری اراضی از جنگل به اراضی دیم و باغی، عامل افزایش وزن مخصوص ظاهری، اسیدیته و افزایش دو برابری فرسایش‌پذیری خاک به دلیل کاهش پایداری خاک‌دانه‌ها نسبت به اراضی جنگلی است. نتایج پژوهش Bromand و همکاران (2014) در بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در سمسکنده ساری، حاکی از افزایش جرم مخصوص ظاهری و حقیقی و کاهش پایداری خاک‌دانه‌ها، درصد تخلخل و کربن آلی خاک در اراضی تغییر کاربری یافته است. در مطالعه‌ای دیگر، Vahabzadeh Kebria و همکاران (2016) به بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و فرسایش در حوزه آبخیز کفترگار بهشهر پرداختند. آنان با اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی از جمله اندازه ذرات، پایداری خاک‌دانه‌ها و تعیین میزان ماده آلی، نیتروژن، اسیدیته و هدایت الکتریکی دریافتند که با تغییر کاربری اراضی از جنگل و مرتع به کشاورزی، وزن مخصوص ظاهری، میزان اسیدیته و درصد ماسه افزایش و پارامترهایی از جمله تخلخل، ظرفیت تبادل کاتیونی، درصد سیلت و رس کاهش یافته است. همچنین آنان میزان فرسایش‌پذیری خاک را به دلیل کاهش ماده آلی، پوشش گیاهی پایا و تخریب ساختمان خاک، ۱/۵ برابر بیش از اراضی جنگلی گزارش داده‌اند. Pichand (2017) نیز در مطالعه‌ای به بررسی اثر تغییر کاربری اراضی از مرتع به سایر کاربری‌های کشاورزی (کشاورزی، آیش و باغ) بر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در حوزه آبخیز امامه شهرستان شیمیرانات پرداخت. ایشان با اندازه‌گیری برخی مشخصه‌های خاک از جمله هدایت الکتریکی، آهک کل، درصد رطوبت اشباع خاک، اسیدیته، سدیم، کربن، پتاسیم و فسفر به این نتیجه رسید که در اراضی تغییر کاربری یافته مقادیر درصد کربن، رطوبت اشباع خاک، پتاسیم و فسفر کاهش و در مقابل، میزان اسیدیته، هدایت الکتریکی، سدیم و درصد آهک به‌طور معنی‌دار افزایش یافته است. بررسی پیشینه‌ی تحقیق نشان می‌دهد که تغییر کاربری اراضی با تغییر در ساختار و عملکرد اکوسیستم‌ها و نیز تأثیر بر چرخه‌ی بیوشیمی و خصوصیات خاک، در بهره‌وری از زمین و پایداری اکوسیستم‌های طبیعی به خصوص در مناطق خشک نقش بسزایی ایفا می‌کند. از جمله مناطق خشک و بحرانی کشور - که امروزه زوال عرصه‌های طبیعی و محیط زیست آن، چالش‌های بسیاری را برای ساکنان منطقه و تسریع سیر قهقرایی آن به همراه داشته - منطقه‌ی سیستان است که اثر سوء تغییر کاربری اراضی نیز بر شدت این فرایند افزوده است (Jahantigh, 2015 & Hafezi Moghadas et al, 2012). از این‌رو باتوجه به موارد ذکر شده و شرایط بحرانی ناشی از خشکسالی در منطقه‌ی سیستان، بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های اراضی مرتعی پس از تبدیل به اراضی کشاورزی و بایر نه تنها می‌تواند بیانگر پیامدهای این تغییرات باشد، بلکه می‌تواند به عنوان راهنمایی برای اجرای اقدامات مدیریتی مناسب قابل توجه قرار گیرد تا به بهبود وضعیت اکوسیستم، سلامت و محیط زیست این منطقه منجر شود؛ از این رو، این تحقیق با هدف بررسی خصوصیات فیزیکی - شیمیایی و فرسایش‌پذیری خاک در برخی از اراضی تغییر کاربری یافته‌ی شهرستان هیرمند منطقه‌ی سیستان انجام شده است.

۲- منطقه‌ی مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه در جنوب شرقی ایران، در شمال استان سیستان و بلوچستان و از توابع شهرستان هیرمند با مختصات جغرافیایی ۶۱ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۵۱ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه تا ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی و با متوسط ارتفاع ۴۸۰ متری از سطح دریا واقع شده است (شکل ۱). این منطقه، مسطح و یک واحد فیزیوگرافی دشت آبرفتی - رودخانه‌ای است که تغییرات شیب در آن حدود ۱/۴۰۰۰ می‌باشد.

از لحاظ شرایط اکولوژیکی، این محدوده جزء مناطق خشک و بحرانی کشور به حساب می‌آید. از چالش‌هایی که زندگی در این منطقه را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد، کمبود آب و رطوبت است که این شرایط سخت اکولوژیکی، مانع استقرار و رویش پوشش گیاهی می‌شود (Hafezi Moghadas et al, 2012). براساس آمار هواشناسی، نزدیک‌ترین ایستگاه به منطقه‌ی مورد مطالعه ایستگاه هواشناسی زابل است که متوسط بارندگی سالیانه در آن بین ۴۰ تا ۵۰ میلی‌متر و بیشترین بارش آن در فصل زمستان می‌باشد. همچنین میانگین درجه حرارت، متوسط حداکثر و حداکثر مطلق سالیانه به ترتیب ۱۸، ۲۵ و ۴۳ درجه‌ی سانتی‌گراد می‌باشد. میزان تبخیر و تعرق منطقه‌ی بالا، ۵۰۰۰ میلی‌متر است؛ به طوری که بخش عمده‌ی آن در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد رخ می‌دهد. از خصوصیات بارز منطقه، وزش بادهای شدید از جمله بادهای ۱۲۰ روزه‌ی سیستان است که فراوانی آن در برخی از سال‌ها به بیش از ۱۷۰/۶ روز در سال نیز افزایش می‌یابد و از پیامدهای آن می‌توان به انتقال شن و ماسه و بروز پدیده‌ی گرد و غبار اشاره کرد (Jahantigh and Jahantigh, 2019). بافت خاک منطقه از نوع سنگین با زهکشی کم است که شوری، پدیده - ی غالب آن به شمار می‌رود و به طور عمده پوشش گیاهی آن را انواع شورپسند از جمله گز، انواع سالسولا، خارشتر و سایر گیاهان شورپسند تشکیل می‌دهد. کشاورزی و دامداری مهم‌ترین حرفه‌ی ساکنان منطقه‌ی سیستان می‌باشد. تنها منبع تأمین‌کننده‌ی آب در این منطقه‌ی نیز جریان‌های سیلابی رودخانه‌ی هیرمند از کشور افغانستان است که بخشی از آن در چاه‌نیمه‌ها ذخیره می‌شود و از آن برای شرب و آبیاری اراضی مناطق مختلف سیستان در فصول خشک سال استفاده می‌شود. کاهش حجم جریان‌ات سیلابی از رودخانه‌ی هیرمند و محدودیت‌های موجود در بهره‌برداری از منابع آب ذخیره شده در چاه‌نیمه‌ها (سیستم آبرسانی و شبکه انتقال نامناسب)، به ایجاد بحران آبی در اکثر نقاط منطقه‌ی سیستان منجر شده است که حاصل آن، تخریب اراضی و اکوسیستم‌های طبیعی و متلاشی شدن محیط زیست در این منطقه می‌باشد.

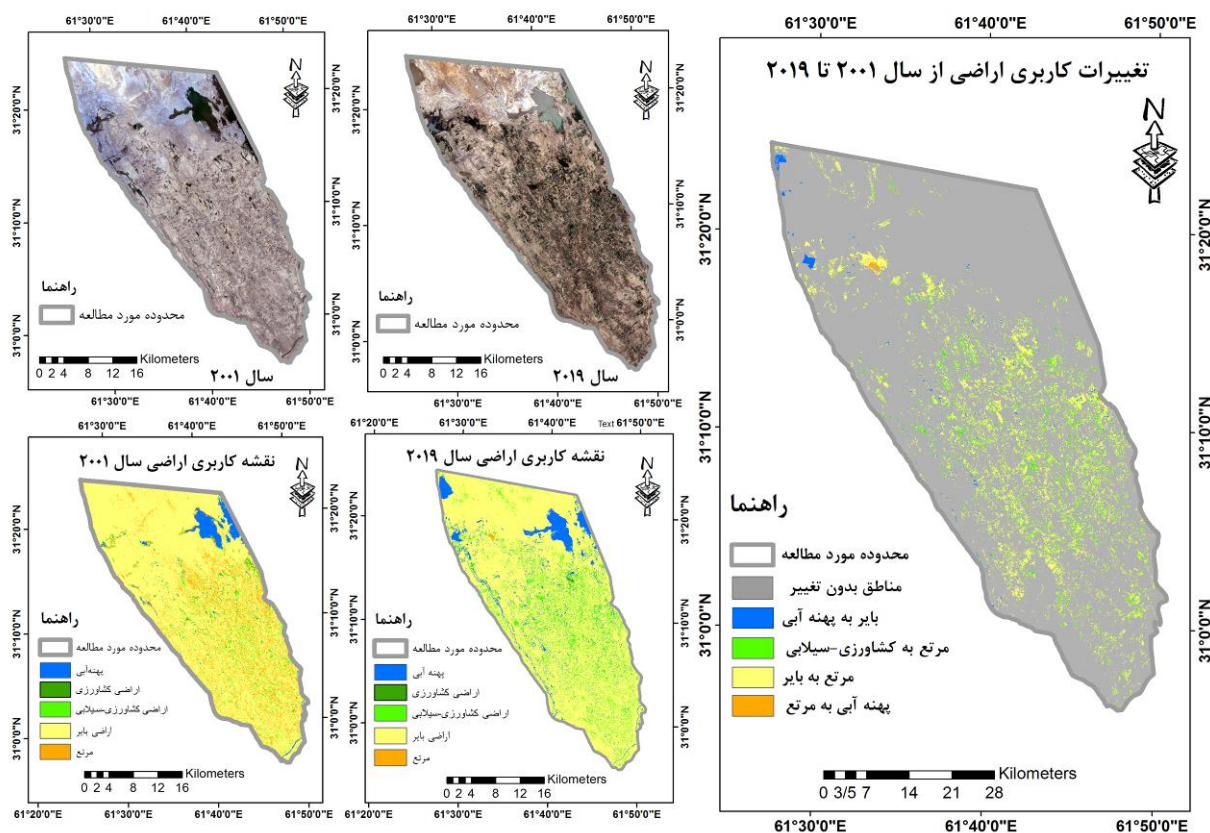


شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه

۳- مواد و روش

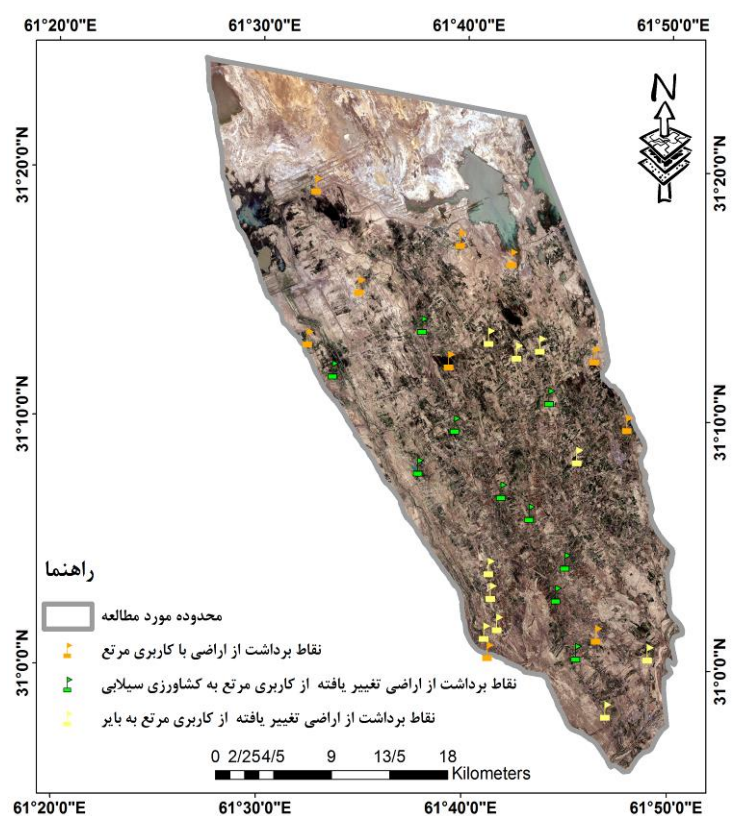
از آنجا که هدف از این تحقیق، بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در منطقه‌ی هیرمند سیستان است و رسیدن به این مهم در ابتدا نیازمند اولویت شناخت این تغییرات در منطقه می‌باشد؛ از این رو، در ابتدا به بررسی تغییرات مکانی کاربری اراضی پس از بروز خشکسالی (اواخر دهه‌ی ۷۰) در منطقه‌ی مورد مطالعه پرداخته شد. برای رسیدن به این مهم با توجه به قابلیت‌های سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای به دلیل چند زمانه بودن و دید وسیع آنها، با استفاده از تصاویر سنجنده‌ی ETM مربوط به سال ۲۰۰۱ و سنجنده‌ی OLI سال ۲۰۱۹ ماهواره‌ی لندست به تهیه‌ی نقشه‌ی تغییر کاربری اراضی برای یک دوره‌ی ۱۸ ساله پرداخته شد (Hashemi-Nasab and Jafari, 2018). از این رو، پیش‌پردازش‌ها از جمله تصحیح رادیومتری و اتمسفری بر روی تصاویر اجرا شد. با توجه به اینکه RMSE تصاویر مورد استفاده کمتر از ۰/۵ پیکسل می‌باشد، در این مرحله از تصحیح هندسی صرف نظر شد. سپس با ایجاد ترکیب رنگی کاذب (براساس شاخص مطلوبیت یا OIF) و طبقه‌بندی بر اساس روش حداکثر احتمال با استفاده از یکسری نمونه‌های آموزشی تعلیمی (تعیین نمونه‌های تعلیمی از نقاط برداشت شده طی عملیات میدانی برای شرایط کنونی و از نقشه‌های موضوعی و تفسیر چشمی با بهره‌گیری از تجارب کارشناسان برای شرایط گذشته) در محیط نرم‌افزاری ENVI 5.3، نقشه‌ی کاربری اراضی منطقه‌ی مورد مطالعه برای دو بازه زمانی مختلف تهیه شد. در ادامه با مقایسه‌ی نقشه‌ی کاربری اراضی دو بازه زمانی مختلف با استفاده از دستور Cross tab در محیط Idrisi Selva، نقشه‌ی تغییرات مکانی کاربری این اراضی برای بازه زمانی ۱۸ سال تهیه شد (Moradi et

al, 2016 & Ghafari et al, 2018 & Kiani et al, 2013). در شکل (۲)، نقشه‌ی تغییرات مکانی کاربری اراضی منطقه‌ی مورد مطالعه برای بازه زمانی ۱۸ سال ارائه شده‌است.



شکل ۲: نقشه‌ی تغییرات کاربری اراضی در منطقه‌ی هیرمند در بازه زمانی ۱۸ سال

در ادامه با صحت‌سنجی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از آرشیو تصاویر ماهواره‌ای و برداشت‌های میدانی، اراضی با کاربری مرتع (اراضی مرتعی بدون تغییر در طول دوره‌ی مورد مطالعه) و اراضی تغییر کاربری‌یافته از مرتع به کاربری کشاورزی سیلابی (به طور عمده زیر کشت گندم و جو) و بایر مشخص شد. طی عملیات میدانی با توجه به نقشه‌ی تغییرات کاربری و بررسی راه‌های قابل دسترس به این مناطق، به نمونه‌برداری از اعماق مختلف خاک در هر یک از کاربری‌ها پرداخته شد؛ بدین منظور با استفاده از آگر دستی در هر کاربری، ۱۰ نمونه خاک در قالب طرح بلوک کامل تصادفی از عمق‌های ۰-۲۵ و ۲۵-۵۰ سانتی‌متری خاک برداشت شد (در مجموع ۶۰ نمونه). ذکر این امر لازم است که منطقه‌ی مورد مطالعه از نظر ژئومورفولوژی، دشتی هموار می‌باشد و تغییرات توپوگرافی آن ناچیز است (تغییرات شیب حدود ۱/۴۰۰۰). مختصات و محل برداشت نمونه‌های مورد بررسی، در شکل (۳) و جدول (۱) ارائه شده‌است.



شکل ۳: نمایی از محل و نحوه برداشت خاک از اراضی تغییر کاربری یافته در منطقه‌ی هیرمند

جدول ۱: مختصات برداشت نمونه‌های خاک از کاربری‌های مختلف

نمونه	کاربری مرتع	کاربری کشت دیم	کاربری بایر
	مختصات نقاط برداشت	مختصات نقاط برداشت	مختصات نقاط برداشت
۱	۳۱° ۱۷' ۱۵" N ۶۱° ۳۹' ۴۳" E	۳۱° ۱۷' ۱۷" N ۶۱° ۴۳' ۱۴" E	۳۱° ۱' ۴۴" N ۶۱° ۴۱' ۴۲" E
۲	۳۱° ۱۲' ۲۲" N ۶۱° ۳۹' ۱۳" E	۳۱° ۱' ۴۴" N ۶۱° ۴۱' ۴۲" E	۳۱° ۱' ۴۶" N ۶۱° ۴۱' ۴۲" E
۳	۳۱° ۱۹' ۵۸" N ۶۱° ۳۰' ۵۹" E	۳۱° ۷' ۹" N ۶۱° ۴۱' ۵۱" E	۳۱° ۳' ۲۸" N ۶۱° ۴۱' ۳۲" E
۴	۳۱° ۱۵' ۱۹" N ۶۱° ۳۴' ۴۸" E	۳۱° ۴' ۲۱" N ۶۱° ۴۵' ۱۱" E	۳۱° ۴' ۶۶" N ۶۱° ۴۱' ۱۷" E
۵	۳۱° ۱۳' ۱۳" N ۶۱° ۳۲' ۱۹" E	۳۱° ۳' ۲۲" N ۶۱° ۴۴' ۳۴" E	۳۰° ۵۸' ۲۲" N ۶۱° ۴۷' ۵۷" E
۶	۳۱° ۰' ۴۳" N ۶۱° ۴۱' ۱۶" E	۳۱° ۰' ۴۳" N ۶۱° ۴۵' ۳۵" E	۳۱° ۱' ۹۴" N ۶۱° ۴۹' ۰۱" E
۷	۳۱° ۱' ۲۶" N ۶۱° ۴۶' ۳۲" E	۳۱° ۹' ۴۸" N ۶۱° ۳۹' ۳۳" E	۳۱° ۱۳' ۲۶" N ۶۱° ۴۳' ۴۰" E
۸	۳۱° ۹' ۵۴" N ۶۱° ۴۷' ۵۷" E	۳۱° ۱۳' ۴۷" N ۶۱° ۳۷' ۵۴" E	۳۱° ۱۲' ۶۰" N ۶۱° ۴۲' ۳۲" E
۹	۳۱° ۱۶' ۳۰" N ۶۱° ۴۲' ۱۵" E	۳۱° ۱۰' ۵۷" N ۶۱° ۴۴' ۸" E	۳۱° ۸' ۱۹" N ۶۱° ۴۵' ۱۱" E
۱۰	۳۱° ۱۲' ۳۸" N ۶۱° ۴۶' ۱۹" E	۳۱° ۸' ۶" N ۶۱° ۳۷' ۴۷" E	۳۱° ۱۱' ۵۷" N ۶۱° ۳۳' ۴" E

در ادامه پس از انتقال نمونه‌های خاک به آزمایشگاه، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های برداشت شده پس از آماده‌سازی بررسی شد. برای تعیین بافت خاک نیز از روش هیدرومتری با قرائت ۹ زمانه استفاده شد (Gee and Or, 2002)؛ بدین منظور با جداسازی ذرات (با مخلوط کردن مقدار مشخصی از محلول هگزا متافسفات سدیم با نمونه‌ها و قراردادن آن در دستگاه همزن برقی) و قرار دادن چگال‌سنج (ASTM-۱۵۲H)، درصد شن، سیلت و رس مشخص شد (شکل ۴). ذکر این امر لازم است که در اجرای این آزمایش به منظور جلوگیری از ایجاد خطا و افزایش دقت در نتایج، تصحیحات لازم با توجه به متفاوت بودن وزن مخصوص خاک نمونه‌ها و تغییر شرایط دمایی در محیط آزمایشگاهی انجام شد (Anders et al, 2014).



شکل ۴: نمایی از آزمایش هیدرومتری نمونه‌های خاک برداشت شده از کاربری‌های مورد مطالعه

در بررسی جرم مخصوص ظاهری خاک نیز از روش استوانه‌های فلزی و برای تعیین درصد رطوبت آن (SP) از رابطه‌ی (۱) استفاده شد.

$$SP = (W_{\text{moist}} - W_{\text{dry}} / W_{\text{dry}}) \times 100 \quad \text{رابطه‌ی ۱}$$

برای اندازه‌گیری پایداری خاکدانه‌ها، شاخص میانگین وزنی (MWD)، قطر هندسی (GMD) و درصد پایداری خاکدانه‌ها (DSA) برای خاکدانه‌های بزرگ‌تر از ۰/۲۵ میلی‌متر با استفاده از روش الک خشک برآورد شد. این روش بر مبنای اندازه‌گیری وزن خاکدانه‌ها با اندازه‌ی مشخص استوار است؛ بدین منظور، ۳۰۰ گرم از نمونه‌های برداشت شده بر روی سری الک‌هایی با اندازه‌های ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۷، ۰/۸۵، ۱/۱۸، ۱/۷، ۲/۳، ۲/۸، ۳/۳۵ و ۴ میلی‌متر قرار داده و به مدت ۵ دقیقه تکان داده شد. سپس خاک باقی بر روی هر الک، به وسیله‌ی ترازویی با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شد (شکل ۵). به‌منظور برآورد میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) و میانگین قطر هندسی (GMD) نیز به‌ترتیب از رابطه‌ی (۲) و (۳) استفاده شد (Mahmoodabadi and Arjmand Sajjadi, 2016 & Karami et al, 2017).

$$MWD = \sum_{i=1}^n X_i W_i \quad \text{رابطه‌ی ۲}$$

$$GMD = \exp\left[\frac{\sum_{i=1}^n W_i \cdot \log(d_i)}{\sum_{i=1}^n W_i}\right] \quad \text{رابطه‌ی ۳}$$

در معادلات بالا، SP= درصد رطوبت خاک، W_{moist} = وزن آب، W_{dry} = وزن خاک خشک، MWD = میانگین وزنی قطر ذرات خاک (mm)، X_i = متوسط قطر خاکدانه‌ها در هر کلاس یا متوسط قطر سوراخ الک‌های بالا و پایین، W_i = مقدار نسبی خاکدانه‌های با قطر X_i و n تعداد کلاس‌های اندازه‌ای خاکدانه‌ها و GMD = میانگین قطر هندسی خاکدانه‌ها می‌باشد.



شکل ۵: نمایی از اندازه‌گیری وزن ذرات نمونه‌های خاک برداشتی براساس روش الک خشک

در بررسی خصوصیات شیمیایی خاک، پس از تهیه ی گل اشباع و با استفاده از دستگاه pH متر، اسیدیته ی نمونه خاک اندازه گیری و عصاره ی نمونه ها توسط پمپ خلاء استخراج شد. سپس میزان هدایت الکتریکی عصاره ها نیز توسط دستگاه هدایت سنج برحسب دسی زیمنس بر متر (dS/m) قرائت شد. به منظور تعیین غلظت عنصر سدیم و پتاسیم در عصاره ی اشباع، از دستگاه فلیم فتومتر استفاده شد. در ادامه، درصد آهک خاک به روش تیتراسیون با سود، فسفر به روش اولسن^۱ و ماده آلی براساس روش والکی بلاک اندازه گیری شد. برای محاسبه ی نسبت جذب سدیم (SAR) نیز از رابطه ی (۴) استفاده شد.

$$SAR = Na^+ / \sqrt{[Ca^{2+} + Mg^{2+}] / 2} \quad \text{رابطه ی ۴}$$

در این معادله غلظت عناصر سدیم، کلسیم و منیزیم بر حسب میلی اکلی والان بر لیتر می باشد. در ادامه با استفاده از رابطه و نمودار ارائه شده توسط Wischmeier and Smith (1987)، مقادیر عامل فرسایش پذیری خاک برای هر یک از نمونه های برداشت شده براساس رابطه ی (۵) برآورد شد (Vahabzadeh- Kebria et al, 2017).

$$100K = 2/1M^{1/4} \times 10^{-4} \times (12 - \% OM) + 3/25 (S-2) + 2/5 (P-3) \quad \text{رابطه ی ۵}$$

که در آن M = حاصل ضرب (رس - ۱۰۰) در (درصد سیلت + درصد شن خیلی ریز)، OM = درصد ماده آلی، S = کلاس ساختمان خاکدانه ها، P = کلاس نفوذپذیری پروفیل و K = مقدار عددی عامل فرسایش پذیری در سیستم انگلیسی می باشد. برای تعیین کلاس ساختمان خاک از کتابچه ی دستی ملی خاک و برای تعیین نفوذپذیری آب در خاک نیز از روش استوانه ی مضاعف استفاده شد. در روش استوانه ی مضاعف برای اطمینان از نفوذ قائم آب به خاک، از دو استوانه تو در تو استفاده شد. در این روش فرض بر این است که به سبب وجود آب در حد فاصل دو استوانه، نفوذ آب از استوانه ی میانی به صورت قائم و نشت افقی فقط از حد فاصل بین دو استوانه صورت می گیرد. فرآیند اجرای این آزمایش با ۵ تکرار در هر کاربری صورت گرفت (شکل ۶).

¹ Olsen



شکل ۶: نمایی از اندازه‌گیری میزان نفوذپذیری آب در خاک منطقه‌ی مورد مطالعه

در ادامه به‌منظور تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم‌افزار SPSS 23 استفاده شد؛ بدین منظور، در ابتدا با بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف - اسمیرنوف استفاده شد (Tamamrtash et al, 2016). مقایسه‌ی میانگین پارامترهای مورد بررسی نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد صورت گرفت (Pichand, 2016 & Vahabzadeh Kebria et al, 2017).

۴- یافته‌ها (نتایج)

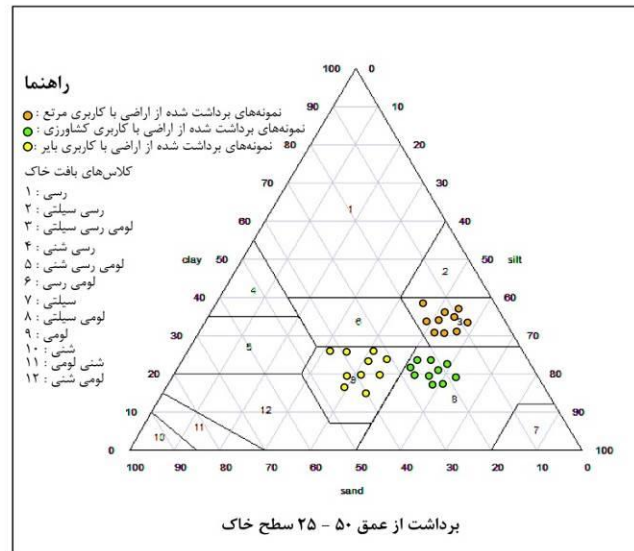
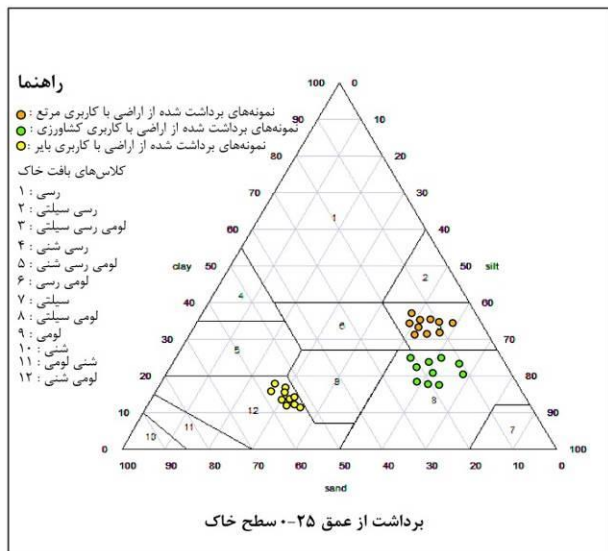
نتایج حاصل از مقایسه‌ی آماری برخی از خصوصیات فیزیکی خاک، در جدول (۲) ارائه شده‌است. براساس نتایج به دست آمده از توزیع اندازه ذرات، درصد رس، سیلت و شن در عمق ۰ تا ۲۵ سانتی‌متر خاک در کاربری‌های بایر و کشاورزی سیلابی در سطح ۵ درصد، تفاوت معنی‌داری با خاک اراضی مرتعی دارد؛ به طوری که بیشترین درصد شن به‌ترتیب در اراضی با کاربری بایر و کشاورزی سیلابی و بیشترین درصد سیلت و رس در اراضی با کاربری مرتع دیده می‌شود. در بررسی این پارامترها در عمق ۵۰ - ۲۵ سانتی‌متری خاک نیز یافته‌ها بیانگر تفاوت معنی‌دار این متغیرها مشابه با لایه سطحی خاک می‌باشد. در کاربری بایر، روند تغییرات درصد شن کاهشی و درصد سیلت و رس افزایشی می‌باشد، اما این در حالی است که در دو کاربری مرتع و کشاورزی سیلابی فقط درصد رس افزایش می‌یابد و علاوه بر درصد شن، مقادیر سیلت نیز روند کاهشی دارد. نتایج توزیع بافت ۶۰ نمونه‌ی (۳۰ نمونه در عمق ۲۵ - ۰ و ۳۰ نمونه در عمق ۵۰ - ۲۵) برداشت شده از اراضی تغییر کاربری یافته، در شکل (۷) نشان داده شده‌است. براساس نتایج به دست آمده، نمونه‌های برداشت شده از عمق سطحی خاک (۰ تا ۲۵ سانتی‌متر) در اراضی تغییر کاربری یافته از مرتع به کشاورزی سیلابی و بایر به‌ترتیب در کلاس لوم سیلتی و لومی شنی قرار دارد و این در حالی است که بافت خاک اراضی مرتع به طور عمده در کلاس بافتی لوم - رسی - سیلتی قرار می‌گیرد. در بررسی تغییرات بافت خاک در عمق ۲۵ تا ۵۰ سانتی‌متری نیز یافته‌ها بیانگر تغییرناپذیری بافت خاک در کاربری مرتع (کلاس بافتی لوم رسی سیلتی) و کشاورزی سیلابی (لوم سیلتی) و تغییر بافت آن از کلاس لومی شنی به لوم در اراضی با کاربری بایر می‌باشد. در بررسی درصد

رطوبت اشباع خاک در نمونه‌های مورد بررسی، یافته‌ها بیانگر بالا بودن میزان این پارامتر در کاربری مرتع نسبت به دو کاربری کشاورزی سیلابی و بایر است. میانگین این پارامتر در کاربری‌های مورد بررسی به ترتیب برابر با ۴۶/۱، ۳۲/۹ و ۱۸/۸ درصد است که در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. براساس نتایج به دست آمده، مقادیر جرم مخصوص ظاهری خاک در کاربری مرتع برابر با ۱/۳۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشد که با تغییر این کاربری به اراضی کشاورزی سیلابی و بایر، مقادیر این متغیر به ترتیب به ۱/۴۲ و ۱/۵۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب افزایش یافته‌است. با مقایسه‌ی آماری مقادیر اندازه‌گیری شده، یافته‌ها بیانگر تفاوت معنی‌دار ($P < 0.05$) بین وزن مخصوص ظاهری خاک کاربری‌های مورد مطالعه می‌باشد که با افزایش عمق، جرم مخصوص ظاهری خاک نیز افزایش می‌یابد. با توجه به نتایج این بخش، یافته‌ها نشان می‌دهد که تغییر کاربری اراضی از جمله عوامل مؤثر بر تغییر خصوصیات فیزیکی خاک در کاربری‌های مورد مطالعه به شمار می‌رود.

جدول ۲: مقایسه‌ی میانگین (اشتباه معیار $\pm$ میانگین) برخی خصوصیات فیزیکی خاک در کاربری‌های مختلف

عمق (cm)	کاربری متغیر	بایر	مرتع	کشاورزی سیلابی	مقدار F	معنی‌داری
۰-۲۵	شن (%)	$56(\pm 6/48)^{a** b*}$	$16/8(\pm 10/37)^{ab}$	$32/2(\pm 1/92)^{ac}$	۵۲/۹۱	۰/۰۰۰
	سیلت (%)	$29/8(\pm 5/76)^{aa}$	$53/8(\pm 14/09)^{ab}$	$51/8(\pm 7/82)^{ac}$	۹/۲۵	۰/۰۰۴
	رس (%)	$14/2(\pm 1/78)^{aa}$	$29/4(\pm 10/89)^{ab}$	$17/8(\pm 8/13)^{ac}$	۷/۸۱	۰/۰۰۷
	رطوبت اشباع (%)	$18/8(\pm 4/68)^{aa}$	$32/9(\pm 4/03)^{ab}$	$27/1(\pm 8/63)^{ac}$	۲۴/۷۲	۰/۰۰۰
	جرم مخصوص ظاهری (gr/cm^3)	$1/56(\pm 0/022)^{aa}$	$1/39(\pm 0/014)^{ab}$	$1/42(\pm 0/024)^{ac}$	۱۸۲/۸۱	۰/۰۰۰
۲۵-۵۰	شن (%)	$36/2(\pm 8/11)^{ba}$	$15/1(\pm 7/2)^{ab}$	$24/2(\pm 2/22)^{bc}$	۴۴/۴۱	۰/۰۲۷
	سیلت (%)	$37/2(\pm 3/27)^{bb}$	$44/1(\pm 6/12)^{ba}$	$50/2(\pm 3/42)^{ba}$	۱/۱۳	۰/۰۰۰
	رس (%)	$26/6(\pm 5/48)^{ba}$	$39/4(\pm 5/39)^{ba}$	$23/8(\pm 1/84)^{ba}$	۴/۲۱	۰/۰۰۰
	رطوبت اشباع (%)	$33(\pm 2/31)^{ba}$	$43(\pm 3/62)^{ba}$	$25(\pm 2/28)^{aa}$	۱۹/۳۲	۰/۰۷۲
	جرم مخصوص ظاهری (gr/cm^3)	$1/65(\pm 0/032)^{bc}$	$1/42(\pm 0/011)^{bb}$	$1/47(\pm 0/022)^{ba}$	۱۱۱/۵۱	۰/۰۰۰

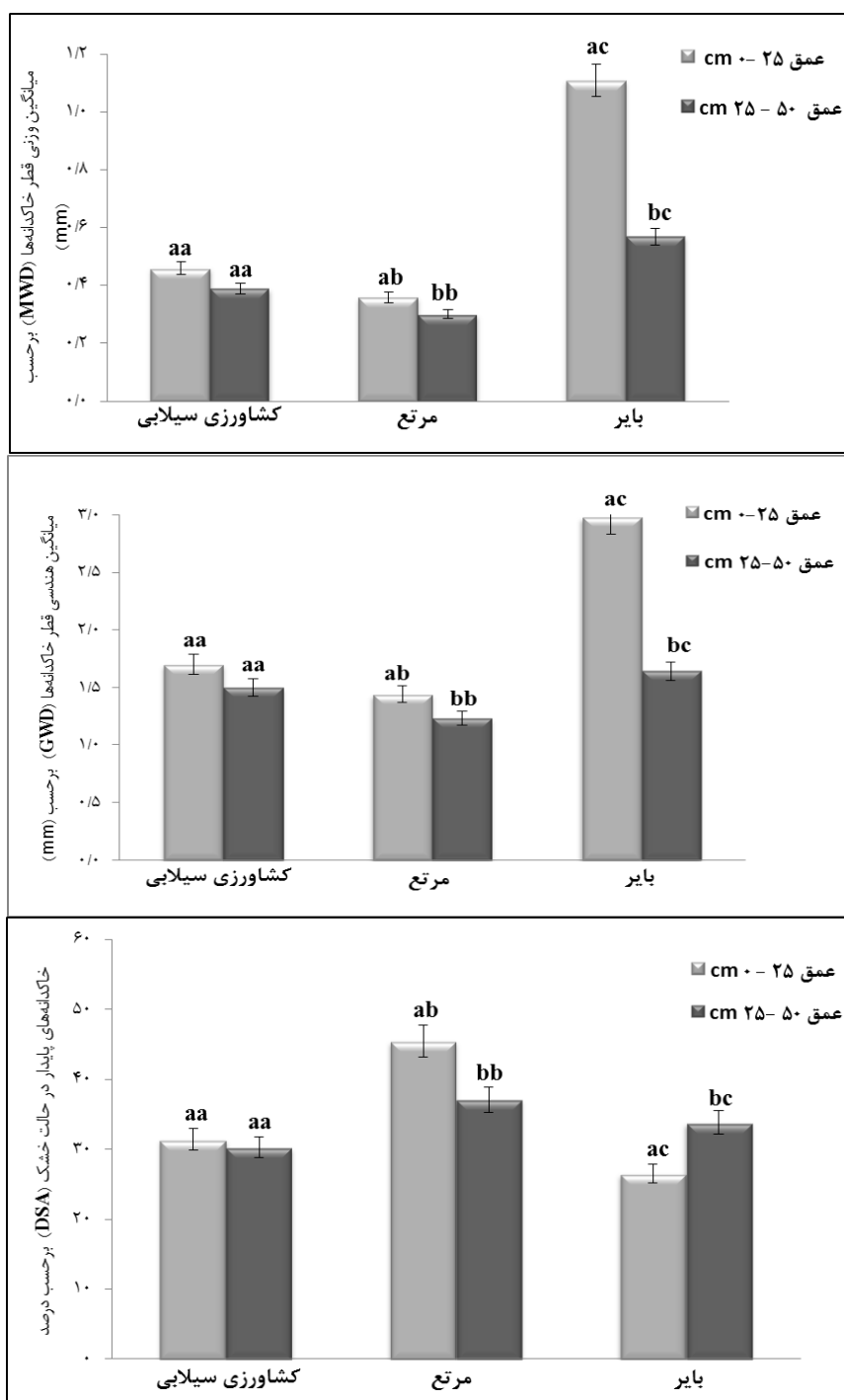
حروف مختلف بالای هر عدد (* و **) به ترتیب بیانگر معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها بین کاربری‌ها و اعماق مختلف براساس روش دانکن در سطح ۵ درصد می‌باشد.



شکل ۷: تعیین بافت نمونه‌های خاک اراضی تغییر کاربری یافته در منطقه‌ی هیرمند

نتایج حاصل از مقایسه‌ی میانگین شاخص‌های توزیع اندازه ذرات ثانویه‌ی خاکدانه‌ها در کاربری‌های مختلف، در شکل (۸) ارائه شده‌است. براساس نتایج به دست آمده، شاخص‌های میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD)، میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها (GWD) و درصد پایداری خاکدانه‌ها در حالت خشک (DSA) در عمق ۰-۲۵ سانتی‌متری خاک، تفاوت معنی‌داری را بین خاک اراضی تغییر کاربری یافته و کاربری مرتع نشان می‌دهد ($P < 0.05$). در بررسی شاخص میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD)، بیشترین و کمترین مقدار برابر با ۱/۱۱ و ۰/۳۶ میلی‌متر می‌باشد که به ترتیب به کاربری‌های بایر و مرتع اختصاص دارد. همچنین در بررسی مقادیر شاخص میانگین هندسی نیز یافته‌ها نشان می‌دهد که بیشترین و کمترین مقادیر این شاخص مربوط به این کاربری‌ها می‌باشد. براساس نتایج به دست آمده، بیشترین مقدار درصد پایداری خاکدانه‌ها (DSA) در کاربری مرتع (۴۵/۵ درصد) و کمترین مقدار آن در کاربری بایر (۲۶/۵ درصد) اندازه‌گیری شد. در بررسی شاخص‌های توزیع اندازه ذرات ثانویه در لایه‌ی ۵۰-۲۵ سانتی‌متری خاک، روند تغییرات شاخص‌های مورد مطالعه با تغییرات لایه سطحی خاک مشابه می‌باشد. مقایسه‌ی شاخص‌های مورد مطالعه در اعماق نمونه‌برداری بیانگر آن است که میانگین وزنی و هندسی قطر خاکدانه‌ها در عمق ۵۰-۲۵ سانتی‌متری اراضی تغییر کاربری یافته، روند کاهشی داشته که با افزایش عمق، تغییرات این شاخص در دو کاربری بایر و مرتع اختلاف معنی‌داری نشان می‌دهد. درصد پایداری خاکدانه در عمق ۵۰-۲۵ سانتی‌متری نیز تغییرات معنی‌داری را در این دو کاربری نسبت به لایه سطحی خاک نشان می‌دهد؛ به طوری که در کاربری مرتع با افزایش عمق درصد، پایداری خاکدانه کاهش یافته و در کاربری بایر روند افزایشی داشته‌است. بررسی تغییرات شاخص توزیع اندازه ذرات ثانویه خاکدانه‌ها در اراضی با کاربری کشاورزی سیلابی نشان می‌دهد که عمق نمونه‌برداری بر توزیع اندازه ذرات تأثیر معنی‌داری ندارد که از عمده دلایل این مهم، می‌توان به اختلاط خاک دو عمق مورد مطالعه در اثر عملیات خاک‌ورزی اشاره کرد. با توجه به نتایج به دست آمده از بخش قبل در بررسی خصوصیات بافت خاک که تغییرات قابل‌توجهی را در کاربری‌های مورد مطالعه نشان داد، تغییرات این مقادیر را می‌توان عاملی مؤثر در تغییرات پایداری خاکدانه‌ها برشمرد؛ به

گونه‌ای که افزایش ذرات شن (تغییر بافت خاک از لومی رسی سیلتی به کلاس بافتی لومی سیلتی و لوم شنی) به افزایش اندازه‌ی خاکدانه‌ها در کاربری‌های کشاورزی سیلابی و بایر منجر شده‌است که به تبع آن، اندازه ذرات خاکدانه‌های درشت نسبت به کاربری مرتع نیز بیش از کلاس‌های خاکدانه‌های ریزتر می‌باشد. از این رو، با افزایش میزان خاکدانه‌های درشت در کاربری‌های کشاورزی سیلابی و بایر و کاهش اندازه ذرات ریز دانه، درصد پایداری خاکدانه‌ها نیز نسبت به سایر کاربری‌های مورد مطالعه کاهش یافته‌است. در مقابل، در کاربری مرتع اندازه ذرات ریزدانه به‌طور متوسط ۵۰ درصد بیش از سایر کاربری‌ها می‌باشد که به‌طور متوسط به افزایش دو برابری درصد پایداری ذرات خاکدانه در این کاربری نسبت به کاربری‌های کشاورزی سیلابی و بایر منجر شده‌است. از نتایج این قسمت چنین بر می‌آید که توزیع اندازه ذرات شن، سیلت و رس در پایداری خاکدانه‌ها در کاربری‌های مختلف نقش بسزایی دارد.



شکل ۸: مقایسه‌ی میانگین مقادیر شاخص‌های توزیع اندازه ذرات خاکدانه در کاربری‌های مختلف (حروف مختلف در هر ستون به ترتیب بیانگر معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها بین کاربری‌ها و اعماق مختلف بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد می‌باشد).

خصوصیات شیمیایی خاک

نتایج حاصل از تجزیه‌ی واریانس برخی از ویژگی‌های شیمیایی خاک، در جدول (۳) ارائه شده‌است. با توجه به نتایج به دست آمده، میانگین اسیدیته خاک در کاربری‌های مورد مطالعه بین ۷/۶۶ و ۸/۱ در عمق ۰-۲۵ سانتی‌متر متغیر است. کمترین مقدار اسیدیته خاک به کاربری مرتج (۷/۶۶) بازمی‌گردد و با تغییر این کاربری به کشاورزی

سیلابی و بایر، اسیدیته‌ی آن به‌طور معنی‌داری افزایش یافته‌است. در بررسی هدایت الکتریکی نیز یافته‌ها تفاوت معنی‌دار این پارامتر را در کاربری‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد؛ بیشترین مقدار این متغیر در کاربری بایر و برابر با ۲۹/۹۲ و کمترین آن مربوط به کاربری مرتع برابر با ۵/۹ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد. میزان ماده آلی خاک نیز در بین سه کاربری، اختلاف معنی‌داری نشان می‌دهد؛ به‌طوری‌که بیشترین و کمترین درصد آن به‌ترتیب در کاربری مرتع (۰/۸۱ درصد) و کاربری بایر (۰/۲۱ درصد) مشاهده شده‌است. بیشترین میزان نسبت جذب سدیم در کاربری بایر (۱۵۳۳/۶) و کمترین آن در اراضی مرتع (۷۵/۹) می‌باشد. میزان نسبت جذب سدیم نیز در کاربری کشاورزی سیلابی (۱۱۴/۲) به‌طور معنی‌دار کمتر از اراضی بایر و بیش از اراضی مرتعی می‌باشد. تغییرات مقادیر سدیم نیز اختلاف معنی‌داری را بین کاربری‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد ($P < 0.05$)؛ به‌گونه‌ای که بیشترین میزان این پارامتر در اراضی بایر (۲۸/۸) می‌باشد و کمترین مقدار آن در اراضی مرتعی (۸/۲۴). با توجه به نتایج حاصل از جدول (۳) می‌توان دریافت که بین کاربری‌ها از نظر پتاسیم نیز اختلاف معنی‌داری وجود دارد؛ بیشترین مقدار این شاخص در اراضی مرتعی (۴۶۲ ppm) و کمترین آن در اراضی بایر (۱۶۸ ppm) می‌باشد. بررسی میزان فسفر خاک نیز تفاوت معنی‌داری را در کاربری‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که میزان این پارامتر در اراضی با کاربری کشاورزی سیلابی (۲۸/۸) بیش از کاربری‌های مرتع (۶/۱۸) و بایر (۳/۵۲) می‌باشد. تغییرات مقادیر درصد آهک نیز بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار در مقادیر این متغیر در بین کاربری‌های مورد مطالعه است. بیشترین درصد آهک در خاک اراضی کشاورزی سیلابی و کمترین آن در کاربری مرتع مشاهده می‌شود. در کاربری بایر نیز مقدار این متغیر به‌طور معنی‌دار بیش از خاک اراضی مرتعی می‌باشد. با بررسی مقادیر متغیرهای اندازه‌گیری شده در اعماق خاک، یافته‌ها افزایش همه‌ی مشخصه‌های اندازه‌گیری شده به جز ماده آلی، درصد آهک و نسبت جذب سدیم را در عمق ۵۰ - ۲۵ سانتی‌متری خاک نشان می‌دهد.

جدول ۳: مقایسه‌ی میانگین (اشتباه معیار $\pm$ میانگین) برخی خصوصیات شیمیایی خاک در کاربری‌های مختلف

عمق (cm)	نوع کاربری اراضی متغیر	بایر	مرتع	کشاورزی سیلابی	مقدار F	معنی‌داری
عمق ۰-۲۵	اسیدیته	$8/1 (\pm 0/13)^{a**a*}$	$7/66 \pm 0/187^{ab}$	$7/88 (\pm 0/26)^{ac}$	۵/۲۱	۰/۰۲
	هدایت الکتریکی (dS/m)	$29/92 (\pm 8/07)^{aa}$	$5/9 (\pm 2/35)^{ab}$	$9/78 (\pm 4/32)^{ac}$	۳/۴۷۱	۰/۰۳
	ماده آلی	$0/28 (\pm 0/04)^{aa}$	$0/84 (\pm 0/13)^{ab}$	$0/51 (\pm 0/02)^{ac}$	۵۹/۲۳	۰/۰۰۰
	نسبت جذب سدیم	$1533/6 (\pm 151/51)^{aa}$	$75/2 (\pm 11/28)^{ab}$	$114/9 (\pm 8/48)^{ac}$	۴/۴۸	۰/۰۳۵
	سدیم	$28/8 (\pm 12/7)^{aa}$	$8/24 (\pm 5/4)^{ab}$	$13/56 (\pm 2/1)^{ac}$	۱۲/۱۵۱	۰/۰۰۱
	پتاسیم قابل جذب (ppm)	$128 (\pm 69/78)^{aa}$	$462 (\pm 180/69)^{ab}$	$318 (\pm 145/67)^{ac}$	۵/۵۲	۰/۰۲
	فسفر	$3/52 (\pm 0/48)^{aa}$	$6/18 (\pm 0/71)^{ab}$	$28/8 (\pm 7)^{ac}$	۵۸/۱۴	۰/۰۰۰
عمق ۲۵-۵۰	آهک درصد	$10/28 (\pm 2/15)^{aa}$	$5/08 (\pm 5/19)^{ab}$	$23/68 (\pm 6/24)^{ac}$	۱۹/۲۷	۰/۰۰۰
	اسیدیته	$8/28 (\pm 0/14)^{ba}$	$7/83 (\pm 0/22)^{bb}$	$8/18 (\pm 0/178)^{bc}$	۱/۱۷	۰/۰۰۳
	هدایت الکتریکی (dS/m)	$70/14 (\pm 4/98)^{ba}$	$13/7 (\pm 3/03)^{bc}$	$41/82 (\pm 8/7)^{bb}$	۴/۳۸	۰/۰۳۷
	ماده آلی	$0/21 (\pm 0/03)^{ba}$	$0/68 (\pm 0/13)^{bb}$	$0/42 (\pm 0/02)^{bc}$	۴۲/۳۱	۰/۰۰۰
	نسبت جذب سدیم	$147/8 (\pm 4/91)^{ba}$	$28/42 (\pm 4/71)^{bb}$	$53/8 (\pm 34/15)^{bc}$	۴۴/۰۷	۰/۰۰۰
	سدیم	$25/4 (\pm 64/67)^{ba}$	$6/4 (\pm 94/3)^{bb}$	$392/6 (\pm 152)^{bc}$	۷/۰۸	۰/۰۰۹
	پتاسیم قابل جذب (ppm)	$189/4 (\pm 40/28)^{ba}$	$329/4 (\pm 82)^{bb}$	$229/4 (\pm 58/28)^{bc}$	۴/۳۸۹	۰/۰۳۷
	فسفر	$11/12 (\pm 0/294)^{ba}$	$3/62 (\pm 6/9)^{bb}$	$27/16 (\pm 2/48)^{bc}$	۴۱/۳۵	۰/۰۰۰
	آهک درصد	$6/94 (\pm 0/43)^{ba}$	$4/62 (\pm 0/92)^{bb}$	$21/3 (\pm 3/39)^{bc}$	۱۱۳/۹۸	۰/۰۰۰

حروف مختلف بالای هر عدد (* و **) به ترتیب بیانگر معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها بین کاربری‌ها و اعماق مختلف براساس روش دانکن در سطح ۵ درصد می‌باشد.

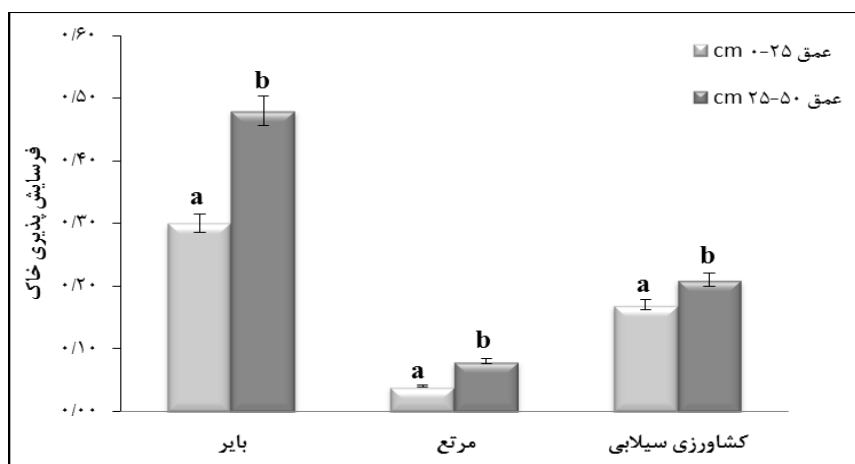
فرسایش‌پذیری خاک

نتایج حاصل از بررسی شاخص فرسایش‌پذیری خاک در کاربری‌های مورد مطالعه، در جدول (۴) ارائه شده است. براساس نتایج به دست آمده، یافته‌ها اختلاف معنی‌داری را در میزان فرسایش‌پذیری بین کاربری‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد. بیشترین مقدار فرسایش‌پذیری در کاربری بایر و برابر با ۰/۳ و کمترین آن مربوط به کاربری مرتع و برابر با ۰/۰۴ می‌باشد. میزان فرسایش‌پذیری در کاربری کشاورزی سیلابی (۱/۷) نیز به‌طور معنی‌دار بیش از کاربری مرتع است. بر اساس نتایج به دست آمده با تغییر کاربری اراضی از مرتع به کشاورزی سیلابی و بایر، شاخص فرسایش‌پذیری به‌طور معنی‌دار افزایش یافته است. مقایسه‌ی مقادیر میزان فرسایش‌پذیری

در اعماق مختلف، بیانگر افزایش شاخص فرسایش پذیری با افزایش عمق در کاربری های مورد مطالعه است که در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری را نشان می دهد (شکل ۹).

جدول ۴: مقایسه ی میانگین (اشتباه معیار $\pm$) فرسایش پذیری خاک در اعماق نمونه برداری

متغیر	عمق (cm)	بایر	مرتج	کشاورزی سیلابی	مقدار F	معنی دار
فرسایش پذیری	۰-۲۵	$0.30 (\pm 0.03)^a$	$0.04 (\pm 0.01)^b$	$0.17 (\pm 0.03)^c$	۴۲/۱۱	۰/۰۰۰
	۲۵-۵۰	$0.47 (\pm 0.08)^a$	$0.08 (\pm 0.02)^b$	$0.21 (\pm 0.07)^c$	۵۴/۳۹	۰/۰۰۰



شکل ۹: شاخص فرسایش پذیری خاک در کاربری های بایر، مرتج و کشاورزی سیلابی (حروف مختلف بیانگر معنی دار بودن اختلاف میانگین ها بین اعماق نمونه برداری براساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ می باشد)

۵ - بحث و نتیجه گیری

در این تحقیق که برای اولین بار در شهرستان هیرمند و در شمال منطقه ی سیستان صورت گرفت، با بررسی خصوصیات فیزیکی - شیمیایی خاک و فرسایش در اراضی تغییر کاربری یافته از مرتج به کاربری های کشاورزی سیلابی و بایر طی یک دوره ی ۱۸ ساله، اثر تغییر کاربری اراضی بر تخریب خاک بررسی شد. در بررسی خصوصیات فیزیکی خاک، یافته ها نشان داد که درصد رس، سیلت و شن در اراضی تغییر کاربری یافته از مرتج به کاربری های کشاورزی سیلابی و بایر تفاوت معنی دار داشته است ($P < 0.05$)؛ به طوری که با تغییر کاربری اراضی، توزیع اندازه ذرات خاک متفاوت و بافت خاک از کلاس لوم رس سیلتی در کاربری مرتج به کلاس سبک تر لوم سیلتی و لوم شنی در کاربری های کشاورزی سیلابی و بایر تغییر یافته است. سبک شدن بافت خاک متأثر از کاهش ذرات ریزدانه و افزایش ذرات درشت در آن می باشد (Chuai et al, 2013)؛ از این رو با توجه به فرایندهای فرسایش و انتقال ذرات خاک، حمل ذرات ریزتر و به جا ماندن ذرات درشت تر می تواند با تغییر توزیع اندازه ذرات اولیه به سبک شدن بافت خاک منجر شود (Le-Bissonnais, 2006 & Havaee et al, 2015). این مهم از این منظر در منطقه ی مورد مطالعه قابل توجه می باشد که در مطالعات صورت گرفته همچون Jahantigh و Jahantigh (۲۰۱۹)، پتانسیل فرسایشی بالا در منطقه ی سیستان با شروع وزش بادهای ۱۲۰ روزه باتوجه به از بین رفتن پوشش گیاهی در اراضی بایر و فقدان پوشش گیاهی دائمی اراضی کشاورزی سیلابی متأثر از فرایند انتخابی

فرسایش در جداسازی ذرات خاک، مهم‌ترین عامل در حمل ذرات رس و سیلت و انتقال آن به مناطق پایین دست گزارش داده‌اند. از آنجا که بافت خاک عامل مؤثری بر ظرفیت نگهداری آب در خاک به شمار می‌رود؛ از این رو، با تغییر بافت خاک ظرفیت نگهداری آب در آن نیز تغییر می‌کند (Pichand, 2017 & Lavaei, 2014). به طوری که نتایج بررسی درصد رطوبت اشباع خاک در اراضی کشاورزی سیلابی و بایر، بیانگر کاهش به ترتیب ۱۸ و ۴۳ درصد رطوبت خاک نسبت به کاربری مرتع بوده‌است. توزیع اندازه ذرات شن، سیلت و رس نیز نقش بسزایی در پایداری خاکدانه‌ها در کاربری‌های مختلف دارد (Khormali et al, 2009 & Li et al, 2007). مقایسه-ی نسبی ذرات شن، سیلت و رس در سه کلاس اندازه خاکدانه نشان داد که با افزایش ذرات شن، اندازه‌ی ذرات ثانویه نیز بیشتر می‌شود و در مقابل، درصد ذرات سیلت و رس کاهش می‌یابد که این مهم به کاهش پایداری خاکدانه‌ها منجر می‌شود؛ به طوری که افزایش نسبی ذرات شن و سیلت در کاربری‌های کشاورزی سیلابی و بایر به کاهش به ترتیب ۳۴ و ۴۵ درصدی پایداری خاکدانه‌ها نسبت به کاربری مرتع می‌انجامد. این نتایج، به طور مشابهی توسط Peixoto و همکاران (۲۰۰۶) و Mahmoodabadi و Ahmadbeygi (۲۰۱۳) نیز گزارش شده‌است. این پژوهشگران بر این باورند که نوع استفاده از زمین در پایداری خاکدانه و توزیع اندازه ذرات نقش مهمی دارد؛ به همین دلیل با تفاوت در توزیع اندازه ذرات، پایداری خاکدانه‌ها نیز متفاوت است. در بررسی مقادیر وزن مخصوص ظاهری نیز مشخص شد که تغییر کاربری اراضی به افزایش معنی‌دار این متغیر در اراضی تغییر کاربری‌یافته منجر شده‌است. با توجه به سبک شدن بافت و تخریب ساختمان خاک (متأثر از فعالیت‌های انسانی نظیر خاک‌ورزی و فرسایش) در اراضی تغییر کاربری یافته، با کاهش تخلخل خاک، وزن مخصوص ظاهری نیز افزایش می‌یابد که با نتایج مطالعات Gholami و همکاران (۲۰۱۶) و Vahabzadeh-Kebria و همکاران (۲۰۱۷) - که به گزارش کاهش و افزایش تخلخل خاک و وزن مخصوص ظاهری ضمن تغییر کاربری اراضی پرداخته‌اند - سازگاری دارد. در بررسی خصوصیات شیمیایی خاک نیز یافته‌ها نشان داد که مقدار اسدیته، هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم و سدیم خاک در کاربری‌های کشاورزی سیلابی و بایر به طور معنی‌دار ($P < 0.05$) افزایش یافته‌است. اسیدیته یک ویژگی پایه خاک محسوب می‌شود که بر تفسیر سایر شاخص‌ها مؤثر می‌باشد. نتایج این تحقیق، افزایش اسیدیته خاک را در کاربری کشاورزی سیلابی و بایر نشان می‌دهد. این افزایش احتمالاً به کاهش بقایای آلی خاک در اراضی بایر و فعالیت‌های مدیریتی از جمله کوددهی، سموم شیمیایی و ورود املاح قلیایی ناشی از آب آبیاری در اراضی کشاورزی سیلابی وابسته است که با نتایج مطالعات Geissen و همکاران (۲۰۰۹) و Alemayehu و Assefa (۲۰۱۶) مطابقت دارد. هدایت الکتریکی یا شوری خاک، یکی از عوامل محدودکننده‌ی رشد گیاهان به حساب می‌آید. از بین رفتن پوشش گیاهی و لاشبرگ در افزایش تبخیر از خاک نقش بسزایی دارد؛ بر همین اساس، از بین رفتن پوشش گیاهی در اراضی بایر و نبود پوشش گیاهی دائمی در اراضی کشاورزی سیلابی به افزایش درجه حرارت خاک و کاهش رطوبت آن منجر می‌شود که با توجه به بالا بودن سطح آب زیرزمینی در منطقه‌ی سیستان، این فرایند به صعود املاح به سطح خاک و افزایش غلظت نمک در آن و در نتیجه افزایش هدایت الکتریکی در خاک اراضی بایر و کشاورزی سیلابی منجر شده‌است. این نتایج با مطالعات Jafari و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت دارد. آنان در مطالعه‌ای مبنی بر بررسی خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک در چات گنبد،

از بین رفتن پوشش گیاهی و لاشبرگ را به افزایش درجه حرارت خاک و میزان تبخیر و به تبع آن عامل شوری و افزایش هدایت الکتریکی در مناطق بدون پوشش نسبت داده‌اند. از دیگر عوامل مؤثر بر شوری خاک در اراضی تغییر کاربری یافته، می‌توان به اثر طوفان‌های گرد و غبار - که در سال‌های اخیر در منطقه‌ی سیستان با وزش بادهای ۱۲۰ روزه سیستان به وقوع پیوسته است - اشاره کرد. مطابق با نتایج مطالعات Hafezi Moghadas و همکاران (۲۰۱۲)، طوفان‌های گرد و غبار باعث می‌شود مقدار زیادی نمک همراه با ذرات معلق به سطح خاک افزوده شود. افزایش هدایت الکتریکی به دلیل تعدیل اثرات سوء سدیم تبادلی، تأثیر بسزایی در نسبت جذب سدیم دارد (Rasouli-Sadaghiani et al, 2016 & Boroumand, 2015). این مهم با توجه به بالا بودن سطح آب زیرزمینی در منطقه‌ی سیستان و نبود زهکش با افزایش هدایت الکتریکی در اراضی تغییر کاربری یافته، به افزایش چشمگیر نسبت جذب سدیم منجر شده‌است. افزایش نسبت جذب سطحی سدیم خاک، افزایش غلظت آن را در اراضی بایر و کشاورزی سیلابی به همراه داشته‌است. از آنجا که یون سدیم عاملی مخرب در تخریب ساختمان خاک به‌شمار می‌رود، افزایش آن به جداسدن ذرات خاکدانه‌ها و در پی آن ناپایداری ساختمان خاک منجر می‌شود که مصداق این مهم، کاهش پایداری خاکدانه‌ها در اراضی تغییر کاربری یافته است. در بررسی درصد مواد آلی، یافته‌ها حاکی از کاهش معنی‌دار این ویژگی در کاربری‌های تغییر یافته می‌باشد. یکی از دلایل کم بودن ماده آلی در اراضی کشاورزی، اثر کشت و کار بیش از حد و حذف بقایای گیاهی پس از برداشت محصول می‌باشد (Eynard et al, 2004). در فرایندهای تبدیل مرتع به اراضی بایر نیز با از بین رفتن پوشش گیاهی و افزایش تبخیر از سطح زمین، تلفات ماده آلی افزایش می‌یابد. این نتایج با مطالعات Celik (۲۰۰۵) و Chibsa و Ta (۲۰۰۹) همخوانی دارد. آنان کشت و کار را عامل افزایش تجزیه‌ی مواد آلی خاک طی عملیات شخم و از بین رفتن پوشش خاک را عامل مهم کاهش ماده آلی در اراضی کشاورزی و بایر می‌دانند؛ از این‌رو، می‌توان گفت که در خاک اراضی مرتعی بین تجزیه‌ی سریع ماده آلی خاک و تجمع سریع لاشبرگ توازن وجود دارد. این امر به دلیل فقدان کشت و زرع و نیز وجود لاشبرگ فراوان است؛ بنابراین، همین عامل سبب افزایش ماده آلی در کاربری مرتع می‌باشد. بنا به مطالعات صورت گرفته همچون Khatirpasha و همکاران (۲۰۱۸)، ماده آلی به صورت عاملی سیمانی‌کننده عمل می‌کند که در تشکیل خاکدانه‌های مقاوم اهمیت بسزایی دارد. ماده آلی علاوه بر هم‌آوری ذرات خاک با کاهش pH و کاهش سدیم تبادلی، به کاهش نسبت جذب سدیم خاک نیز می‌انجامد که این فرایند به هم‌آوری و پایداری بیشتر خاکدانه‌ها منجر می‌شود (Salehi et al, 2011 & Maia et al, 2010)؛ از این‌رو، کاهش ماده آلی در اراضی تغییر کاربری یافته را می‌توان از دیگر عوامل در ناپایداری خاکدانه‌ها و افزایش وزن مخصوص ظاهری در اراضی تغییر کاربری یافته برشمرد (Tejada and Gonzalez, 2008). در بررسی میزان فسفر در اراضی تغییر کاربری یافته، نتایج بیانگر افزایش این متغیر در اراضی کشاورزی و کاهش آن در اراضی بایر است. افزایش میزان فسفر در کاربری کشاورزی به نوع مدیریت آن یعنی استفاده از کودهای فسفاته در لایه سطحی بازمی‌گردد که به تجمع و افزایش فسفر خاک نسبت به اراضی مرتعی منجر می‌شود. با توجه به اینکه قسمت عمده‌ی فسفر به صورت ترکیب با مواد آلی در خاک تجزیه می‌شود، کاهش مواد آلی با توجه به تخریب پوشش گیاهی و افزایش تبخیر از سطح اراضی بایر را می‌توان از عمده دلایل کاهش این مشخصه در

کاربری بایر برشمرد. نتایج این بخش از تحقیق با مطالعات صورت گرفته همچون Malekpour و همکاران (۲۰۱۱) همخوانی دارد. بررسی میزان پتاسیم خاک نیز نشان داد که در مقادیر این عنصر در اراضی تغییر کاربری یافته تفاوت معنی‌داری وجود دارد؛ بیشترین مقدار پتاسیم خاک مربوط به کاربری مرتع و کمترین مقدار آن مربوط به اراضی بایر است. Ajami و همکاران (۲۰۰۹) معتقدند عمده دلایل تلفات پتاسیم در کاربری‌های اراضی به عواملی از جمله سبک بودن بافت خاک، فقدان پوشش گیاهی دائمی زمین و وقوع فرسایش آبی و بادی قابل ملاحظه بازمی‌گردد. حال با توجه به بافت سبک در اراضی تغییر کاربری یافته، فقدان پوشش گیاهی مناسب در اراضی بایر و پوشش گیاهی دائمی در اراضی کشاورزی، برهم کنش این عوامل نقش بارزی در تلفات پتاسیم در کاربری‌های مورد مطالعه داشته که نبود آن، تفاوت فاحش پتاسیم در اراضی تغییر کاربری یافته نسبت به کاربری مرتع است. از سوی دیگر، بالا بودن میزان پتاسیم در اراضی مرتعی را می‌توان به استعداد بالای گیاهان مرتعی در استخراج پتاسیم از بخش‌های پایین خاک و رهاسازی آن در سطح خاک از راه بازمانده‌های گیاهی نسبت داد. همچنین نتایج نشان داد که به لحاظ آماری نیز اختلاف معنی‌داری بین مقادیر آهک در کاربری‌های مورد مطالعه وجود دارد. عملیات خاک‌ورزی و فرسایش با توجه به از بین رفتن پوشش گیاهی و تراکم کمتر آن، به افزایش هدررفت خاک در کاربری‌های بایر و کشاورزی سیلابی منجر شده که به تبع آن، از عمق خاک نیز کاسته شده است. با توجه به لایه‌های تجمع آهک (افق کلسیک) که در عمق خاک متمرکز می‌باشد (به دلیل مواد مادری)، این لایه‌ها به مرور زمان به سطح خاک نزدیک‌تر می‌شود و در نتیجه آهک خاک این منطقه افزایش می‌یابد. مصداق این امر، افزایش معنی‌دار آهک در کاربری‌های بایر و کشاورزی سیلابی نسبت به کاربری مرتع می‌باشد که در مطالعات صورت گرفته همچون Kazemi و همکاران (۲۰۱۹) به واقعیت این امر اشاره شده است.

فرسایش پذیری خاک

نتایج بررسی شاخص فرسایش‌پذیری نشان داد که پتانسیل فرسایش‌پذیری در کاربری‌های مورد مطالعه متفاوت و به لحاظ آماری معنی‌دار بوده؛ به طوری که با تغییر کاربری از مرتع به کشاورزی سیلابی و بایر، این شاخص به ترتیب ۴ و ۷ برابر افزایش یافته است. این فرایند، متأثر از تخریب و کاهش پوشش گیاهی، کاهش ماده آلی، تخریب ساختمان خاک و کاهش پایداری خاکدانه‌ها در اراضی تغییر کاربری یافته صورت گرفته است که حاصل آن، افزایش مقادیر شاخص فرسایش‌پذیری در این کاربرها می‌باشد. این نتیجه با نتایج مطالعات صورت گرفته همچون Korkanc و همکاران (۲۰۰۸)، Kebria-Vahabzadeh و همکاران (۲۰۱۶) و Adugna و Abegaz (۲۰۱۶) مبنی بر اثر تغییر کاربری اراضی بر افزایش فرسایش‌پذیری خاک در اراضی تغییر کاربری یافته مطابقت دارد.

بر این اساس با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق، تغییر کاربری اراضی به ایجاد خصوصیات نامطلوب در مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اراضی تغییر کاربری یافته منجر شده است. از سوی دیگر، وقوع چنین تغییراتی سبب تخریب خاکدانه‌ها و افزایش پتانسیل فرسایش‌پذیری خاک در اراضی منطقه‌ی سیستان می‌شود که

با توجه به بحران‌های زیست محیطی موجود، نیازمند اتخاذ برنامه‌های مدیریتی مناسب در بهره‌برداری اصولی از اراضی در این منطقه می‌باشد.

منابع

1. Adujna, A., & A. Abegaz., (2016). Effects of land use changes on the dynamics of selected soil properties in northeast Wellega, Ethiopia. *Journal of Soil*. 2, 63 -70.
2. Ajami, M.; Khormali, F.; & S. Ayobi, 2009. Changes of some soil qualitative parameters due to effect of landuse changes in various slope position of loess lands in east of Golestan province, *Journal of Soil Water Reserch*, 39(1), 15-30. (In Persian)
3. Alemayehu, A., & A. Assefa., (2016). Effects of land use changes on the dynamics of selected soil properties in northeast Wellega. *Journal of Soil*. 2, 63-70.
4. Auwal, M., & A. David., (2015). Assessment of nutrient distribution as affected by land use pattern in Allahabad Region. *Journal of Earth & Environmental Sciences*. 5(2), 26-31.
5. Beretta, A. N.; Silbermann, A. V. L.; Paladino, D.; Torres, D.; Bassahun, R.; Musselli, & A. García-Lamohte, 2014. Soil texture analyses by hydrometer: modifications of the Bouyoucos method, *Journal of Cien.Inv.Agr*, 41(2), 263-271.
6. Boroumand, M., 2015. Effects of land use change from forest to agriculture on soil chemical properties (Case study: Region Zarinabad Sari), *Journal of Geograph*, 47(3), 449-435. (In Persian)
7. Boroumand, M.; Ghajar Sapanlu, M.; & M. A. Bahmanyar, 2014. The Effect of Land use Change on Some of the Physical and Chemical Properties of Soil (Case Study: Semeskande Area of Sari), *Journal of Watershed Management Research*, 5(9), 78-94. (In Persian)
8. Celik, I., 2005. Land-use Effects on Organic Matter and Physical Properties of Soil in a Southern Mediterranean Highland of Turkey, *Journal of Soil Tillage Research*, 83, 270 - 277.
9. Chibsa, T., & A. Ta., (2009). Assessmt of Soil Organic Matter under Four Land Use Systems, In Bale Highlands, Southeast Ethiopia a, Soil Organic Matter Contents in Four Land Use Systems: Forestland, Grassland, Fallow Land and Cu, Itivated Land. *World Applied Sciences Journal*. 6(9), 1231-1246.
10. Chuai, X.; Huang, X.; Lai, L.; Wang, W.; Peng, J; & R. Zhao, 2013. Land use structure optimization based on carbon storage in several regional terrestrial ecosystems across China, *Journal of Environmental Science and Policy*, 25, 50-61.
11. Ebrahimzad, S. A.; Aliasgharzad, N.; & N. Najafi, 2013. Impressionability of Some Soil Ecophysiological Indices by land Use Changes in Suldoz Plain (Naqadeh, West Azarbaijan), *Journal of Agrrricultural sience*, 23(4), 42-56. (In Persian)
12. Eynard, A.; Schumacher, T. E.; Lindstrom, M. J.; & D. D. Malo, 2004. Aggregate sizes and stability in cultivated South Dakota Prairie Ustolls and Usterts, *Soil Sci. Soc. Am. J*, 68, 1360-1365.
13. Feiznia, S.; Ghauomian, J.; & M. Khadjeh, 2005. The Study of the Effect of Physical, Chemical, and Climate Factors on Surface Erosion Sediment Yield of Loess Soils (Case Study in Golestan Province), *Journal of Pajouhesh and Sazandegi*, 66, 14-24. (In Persian)
14. Geissen, V.; Sánchez-Hernández, R.; Kampichler, C.; Ramos-Reyes, R.; Sepulveda-Lozada, A.; Ochoa-Goana, S.; de-Jong, B. H.; Huerta-Lwanga, E.; & S. Hernández-Daumas, 2009. Effects of land Use Change on some Properties of Tropical Soils-An Example from Southeast Mexico, *Journal of Geoderma*, 151, 87-97.
15. Ghafari, S.; Moradi, H. R.; & R. Modares, 2018. Comparison of object-oriented and pixel-based classification methods for land use mapping (Case study: Isfahan-Borkhar,

- Najafabad and Chadegan plains), *Journal of RS & GIS for Natural Resources*, 9(1), 40-57. (In Persian)
16. Gholami, L.; Davari, M.; Nabiollahi, K.; & H. Joneidi Jafari, 2016. Effect of land use changes on some soil physical and chemical properties (case study: Baneh), *Journal of soil and water conservation*, 5(3), 13-27. (In Persian)
 17. Golchin., A., & H. Asgari., (2008). Land use effects on soil quality indicators in north-eastern Iran. *Soil Research*. 46, 27-36. (In Persian)
 18. Gee, G., & D. Or., (2002). Particle-size analysis. Pp. 255–293. In: Dane JH and Topp GC (eds). *Methods of Soil Analysis. Part 4. Physical Methods*. SSSA Book Series No. 5. Soil Science Society of America, Madison, WI.
 19. Hafezi-Moghadas, N.; Soloki, H. R.; Jalilvand, R.; & J. Rahnema-Rad, 2012. Study of engineering geomorphology of Sistan river, *Journal of geotechnical gology*, 8, 1-18. (In Persian)
 20. Haghighi, F.; Gorji, M.; & M. Shorafa, 2010. A study of the effects of land use changes on soil physical properties and organic matter, *Journal of Land Degradation and Development*, 21, 496-502. (In Persian)
 21. Hashemi-Nasab, S. N., & R. Jafari., (2018). Assessment the Land Use Changes to Monitor Desertification. *Journal of Spatial Analysis of Environmental Hazards*. 5(3), 59-74. (In Persian)
 22. Havaee, S.; Mosaddeghi, M. R.; & S. Ayoubi, 2015. In situ surface shear strength as affected by soil characteristics and land use in calcareous soils of central Iran, *Journal of Geoderma*, 237, 137-148.
 23. Jafari, Z.; Niknahad, H.; & C. H. Bayram-Kemki, 2014. Investigation of Soil Chemical Physical Properties under Two Types of Rangeland Management, *Journal of desert ecosystem of engineering*, 3(4), 11-20. (In Persian)
 24. Jahantigh, M., & M. Jahantigh., (2019). Study effect of flood productivity on vegetation changes using field work and Landsat satellite images (Case study: Shandak of Sistan region). *RS & GIS for Natural Resources*. 10(4), 57-73. (In Persian)
 25. Jahantigh, M., & M. Jahantigh., (2019). The effect of 120 days winds on flood deposits in Sistan region by sediment characteristics analyze. *Quarterly journal of Environmental Erosion Research*. 33(9), 85-104. (In Persian)
 26. Jahantigh, M., 2015. Study of back and forth role in wind erosion of dry land region, case study: dry bed of Hamoon lake in Sistan area, *Watershed Engineering and Management*, 3(7), 297-305. (In Persian)
 27. Karami, A.; Zara, R.; & V. A. Jahandideh Mahjen Abadi, 2017. Application of Fractal Theory to Quantify Structure from Some Soil Orders in Fars Province, *Journal of Water and Soil*, 31(4), 1171-1186. (In Persian)
 28. Kazemi, S. H.; Karimzadeh, H. R.; Tarkesh Esfahani, M.; & H. Bashari, 2019. The Effects of Long-term Grazing Management on Vegetation and Some Soil Characteristics (A Case Study: Hamzavi Research Station in Hanna- Semirom, Isfahan), *Journal of Water and Soil Science*, 22(4), 15-27. (In Persian)
 29. Khatirpasha, N.; Hojjati, S. M.; Pourmajidiyan, M. R.; & M. Asadiyan, 2018. Impact of land use change on physical, chemical and biological soil properties in the Qalek forest-Ghaemshahr city, *Journal of Water and Soil Conservation*, 24(6), 211-225.
 30. Khormali, F.; Ajami, M.; Ayoubi, S.; Srinivasarao, Ch.; & S. P. Wani, 2009. Role of deforestation and hillslope position on soil quality attributes of loess- derived soils in Golestan province, Iran, *Journal of Agriculture, Ecosystems and Environment*, 134, 178-189. (In Persian)

31. Kiani, Y.; Faghihi, J.; Nazari-Samani, A. A.; & A. Alizadeh-Shaabani, 2013. Detectaion land use change and vegation in taleghan area using Remotsensing, *Journal of Geographic research*, 87(22), 21-31. (In Persian)
32. Korkanc, S. Y.; Ozyuvaci, N.; & A. Hizal, 2008. Impacts of Land Use Conversion on Soil Properties and Soil Erodibility, *Journal of Environ Biology*, 29(3), 363-370.
33. Lavaei, H. A., 2014. Variability of soil qualitative indices in different plant communities with emphasizing on soil aggregate stability in Vaz region of Mazandaran province, Athesis presented for the M.Sc. degree, Faculty of Natural Resources, University of Tarbiatmodares, 91 p.
34. Le-Bissonnais, Y.; Blavet, D.; De Noni, G.; Laurent, J. Y.; Asseline, J.; & C. Chenu, 2006. Erodibility of Mediterranean vineyard soils: relevant aggregate stability methods and significant soil variables, *European Journal of Soil Science*, 58, 188-195.
35. Li, X.; Wang, Z.; Ma, Q.; & F. Li, 2007. Crop cultivation and intensive grazing affect organic C pools and aggregate stability in arid grassland soil, *Journal of Soil and Tillage Research*, 95, 172-181.
36. Liu, M. Y.; Chang, Q. R.; Qi, Y. B.; Liu, J.; & T. Chen, 2013. Aggregation and soil organic carbon fractions under different land uses on the tableland of the Loess Plateau of China, *Journal of CATENA*, 115, 19-28.
37. Mahdavi, A.; Fathizade, H.; & Sh. Shetabi Joybari, 2014. Analysis and Assessment of Land Use Change Detection Methods / vegetation, (Case study: Ilam Manesht protected forests), *Journal of sience Technol of Wood*, 21, 4-12. (In Persian)
38. Mahmoodabadi, M., & S. Arjmand Sajjadi., (2016). Effects of rain intensity, slope gradient and particle size distribution on the relative contributions of splash and wash loads to rain-induced erosion. *Journal of Geomorphology*. 253, 159-167. (In Persian)
39. Mahmoodabadi, M., & B. Ahmadbeygi., (2013). Effect of Primary Particle Size Distribution on Aggregate Stability at Different Size Classes. *journal of since of water and soil*. 22(3), 207-219. (In Persian)
40. Maia, S. M. F.; Ogle, S. M.; Cerri, C. C.; & C. E. P. Cerri, 2010. Changes in soil organic carbon storage under different agricultural management systems in the Southwest Amazon Region of Brazil, *Journal of Soil & Tillage Research*, 106, 177-184.
41. Malekpour, B.; Ahmadi, T.; & S. S. Kazemi Mazandarani, 2011. Effect of land use change on physico-chemical soil characteristics, *Journal of Natural Resource*, 6(3), 115-126. (In Persian)
42. Moradi, A. R.; Jafari, M.; Arzani, H.; & M. Ebrahimi, 2016. Assessment of land use changes into dry land using satellite images and Geographical information system, *Journal of RS & GIS Techniques for Natural Resources*, 7(1), 89-100. (In Persian)
43. Muñoz-Rojas, M.; Jordán, A.; Zavala, L.; De-LaRosa, M.; Abd-Elmabod, S. K.; & M. Anaya-Romero, 2015. Impact of land use and land cover changes on organic carbon stocks in Mediterranean soils (1956 - 2007), *Journal of Land Degradation and Development*, 26(2), 168 - 179.
44. Pachand, M., 2017. study of the effect of pasture conversion to other agricultural land use on soil physical and chemical properties, *Journal of natural ecosystems*, 8(1), 99-122. (In Persian)
45. Peixoto, R. S.; Coutinho, H. L. C.; Madari, B.; Machado, P. L.; Rumjanek, N. G.; Van Elsas, J. D.; Seldin, L.; & A. S. Rosado, 2006. Soil aggregation and bacterial community structure as affected by tillage and cover cropping in the Brazilian. Cerrados, *Journal of Soil Till Res*, 90, 16-28.
46. Rajani Srivastava, R.; Monalisha Mohapatra, M.; & A. Ashish Latore, 2020. Impact of land use changes on soil quality and species diversity in the Vindhyan dry tropical region of India, *Journal of Tropical Ecology*, 32(2), 72-79.

47. Rasouli-Sadaghiani, M. H.; Karimi, S.; Khodaverdiloo, H.; Barin, M.; & A. Banj-Shafiei, 2016. Impact of forest ecosystem land use on soil physico-chemical and biological indices, *Iranian Journal of Forest*, 8(2), 167-178. (In Persian)
48. Saha, D., & Z. P. Kukal., (2015). Soil Structural Stability and Water Retention Characteristics Under Different Land uses of Degraded Lower Himalayas of North - West India. *Journal of Land Degradation and Development*. 26(3), 263 - 271.
49. Salehi, A.; Mohammadi, A.; & A. Safari, 2011. Investigation and comparison of physical and chemical soil properties and quantitative characteristics of trees in less-damaged and damaged area of Zagross forests (Case study: Poldokhtar, Lorestan province), *Jornal of Forest*, 3(1), 81-89. (In Persian)
50. Solaimani, K., & A. Azmodeh., (2010). Investigation the role of land use change on some physical_chemical properties soil erosion. *Physical Geography Research*. 74, 111-124. (In Persian)
51. Stroosnijder, L., & W. Bewket., (2003). Effects of agroecological land use succession on soil properties in Chemoga watershed, Blue Nile basin, Ethiopia. *Journal of Geoderma*. 111, 85-98.
52. Tamamrtash, R.; Tatian, M. R.; Yousefian, M.; & S. J. Nabavi, 2016. Investigation of the Fire Effect on Some Edaphic Factors in Plain Ecosystem (Case Study: Winter Rangelands of Behshahr), *Journal of natural Environment sience*, 69(1), 21-33. (In Persian)
53. Tejada, M., & J. L. Gonzalez., (2008). Influence of Two Organic Amendments on the Soil Physical Properties, Soil Losses, Sediments and Runoff Water Quality. *Journal of Geoderma*. 145, 325-334.
54. Vahabzadeh Kebria, Gh.; Riahi, M. R.; & S. Roshun, 2016. Investigation of Land Use Change on Physicochemical Characteristics and Soil Erosion in Kaftargar Basin of Behshahr, *Quarterly journal of Environmental Erosion Research*, 22(2), 75-88. (In Persian)
55. Veihe, A., 2002. The spatial variability of erodibility and its relation to soil types: a study from northern Ghana, *Journal of Geoderma*, 106, 101-120.
56. Wischmeier, W. W., & D. D. Smith., (1987). Predicting Rainfall Erosion Losses: a Guide to Conservation Planniing, Agriculture Handbook, No. 537, Us Departmen of Agriculture, Washington DC.

Investigating of land use change effect on some soil physical-chemistry characteristics and Erosion in arid areas (case study: Hirmand of sistan)

Mansour Jahantigh: Associate professor, Department Soil Conservation and Water Management, Sistan Agriculture and edition Natural Resources Research Center, AREEO, Zabol, Iran

Moien Jahantigh¹: Ph.D Student in Watershed Management, Natural Resources Department, Faculty of Agriculture & Natural Resources, University of Gorgan

Article History (Received: 2020/04/6

Accepted: 2020/06/3)

Extended abstract

1- Introduction

The land-use change is one of the critical worldwide issues that has caused a problem in natural resource sustainability. The dynamics of land-use and land-cover change (LULC) affected by the anthropogenic activities and climate change in arid areas, were caused environmental degradation of these areas. This process has the negative effects on soil physicochemical properties. Soil degradation is the key component of land degradation that affected by land-use changes. So that it causes organic waste carbon, decreases the soil aggregate stability and structure and, consequently the raises of soil erodibility. So to understand the impacts related to these changes in land-use (LU), assessment of the effects of these changes on soil characteristics is important. Therefore, the current study aim was to investigate the effect of land-use change on physico-chemical characteristics of soil and erosion in Sistan area.

2- Methodology

This research has done in Sistan area. This area laid southeastern border Iran and Afghanistan. The Sistan region forms a part of the Dasht-e-Lut and hence an exhibits extreme arid climatic regime. The region is nearly flat and featureless arid plain with an average height of 465–500m ASL in its eastern parts. In this study, at first spatial land-use changes in Sistan area determined. To achieve this purpose, used satellite images. By using the Landsat satellite images related to the years 2001 and 2019, the land use maps prepared, and by comparison approach in Idrisi Selva software, the map of land-use change was extraction. After that, the areas that converted from rangeland to flood-agri and bare land determined and that accuracy were assessed. Infield operation, 60 soil samples were collected from tow depths 0-25 and 25-50 cm in different land-use such as rangeland, flood-agri, and bare land. The Samples were collected in a completely randomized block design. To study the physical properties of soil, by hydrometer method, by the soil texture, and by measuring the mean weight diameter (MWD), the geometric mean diameter (GMD) and dry stable aggregates (DSA), the aggregate stability was determined. Also, the soil moisture and bulk density were measured. To investigate the chemical characteristics, the soil properties such as organic carbon, acidity (PH), electrical conductivity (EC), sodium absorption ratio (SAR), CaCO₃, Na, and available K and P measured in the soil laboratory. The soil erodibility index calculated five characteristics, including sand, silt with fine sand, organic matter, soil structure class, and the infiltration rate class of the soil profile. To analysis the mean of parameters among different land uses were used the Duncan test.

3- Results

The result of the study of physical properties showed that the percentages of sand, silt, and clay particles among the land-use that under study were significantly different. So that by the land-use

¹ Corresponding Author: Moienja23@yahoo.com

change from rangeland to flood-agri and bare land, the distribution of soil particle size differently, that consequently the soil texture has changed from loam-silt-clay class in rangeland to lighter class loam-silt and loam-sand in flood-agri and bare land respectively. According to this change, the aggregate stability of soil inland converted from rangeland to flood-agri, and bare land 34 and 45 percent have decreased. Also by land-use change, the soil moisture 18% and 43 % has decreased respectively. The results also showed that the bulk density of soil, acidity, electrical conductivity, Na, CaCO_3 and absorption ratio (SAR), increased in converted land-use whereas, the organic carbon and available K soil, have decreased significantly. In addition, after land-use change, the erodibility index has increased significantly ($P < 0.05$). So that the amount of this index in flood-agri and bare land compared to the rangeland land-use, more than equal 4 and 7 respectively.

4- Discussion & Conclusions

In this study, for the first time, has investigated the physico-chemistry characteristics of soil and erodibility in land converted from rangeland in Sistan area. The results revealed that the conversion of natural rangeland to flood-agri and bare land had negative effects on the measured soil properties. So that the percent of sand has increased, that changed the distribution of soil particle size, and according to that, the soil texture has changed also. This caused the aggregate stability soil to reduce. In addition, by decreasing the soil moisture, the plant growth has limited in this lands and given the high evaporation potential in Sistan area, the evaporation from land surface increased and according to that the electrical conductivity, acidity, Na and absorption ratio (SAR) in converted lands have increased, whereas, the organic carbon and available K soil, have decreased. This process has caused the Soil degradation, that affected by land-use changing. Therefore, the land-use change by destroying the soil structure and land-cover in converted lands, cause increases the potential of erodibility, that given exist environmental crises in Sistan area, has required the suitable planning to principle productivity of lands in Sistan area.

Key Words: aggregate stability, Erosion, Land use change, soil characteristics, Sistan.