

Optimizing Agricultural Land Use to Mitigate Soil Degradation in the Saravan Plain

Babak Khosravi Majd¹, Mohammad Reza Rigi^{1*}, Seyed Reza Amiri², Mojtaba Mohamadi¹

1. Department of Desert Management and Control, Faculty of Environmental Sciences, Planning and Sustainable Development, University of Saravan, Saravan, Iran

2. Department of Plant Production, Faculty of Agriculture, University of Saravan, Saravan, Iran

* Corresponding author: mr.rigi@saravan.ac.ir

(Received: 26 July 2025

Revised: 16 August 2025

Accepted: 12 October 2025)

Extended Abstract

Introduction: Land degradation in arid and semi-arid regions, poses a serious challenge to sustainable agriculture and ecosystem health. Approximately 100 million hectares of Iranian land are currently exposed to desertification, driven by both natural and anthropogenic factors. Agricultural activities, while essential for food security, often contribute to soil degradation through practices such as over-cultivation, improper irrigation, and excessive use of chemical inputs. In regions like the Saravan Plain, increasing population pressure has led to the conversion of rangelands to agricultural lands without adequate soil management. These land use changes have adversely affected key soil health indicators, including nitrogen (N), organic matter, salinity, and pH, accelerating degradation processes. Understanding the impacts of different agricultural land uses on soil quality is critical for developing sustainable management strategies in arid regions with limited soil resources. This study aimed to evaluate the effects of different agricultural land use types on soil quality indicators in the Saravan Plain and to identify management practices that can mitigate degradation and enhance soil sustainability.

Materials and methods: This field research was conducted in the central part of the Saravan Plain to assess the impact of agricultural land use types on soil degradation. A split-plot design based on a completely randomized block design with three replications was employed to compare four dominant land use types: irrigated monoculture, irrigated polyculture, orchard, and rangeland (as control). Soil samples were collected from two depths (0–40 cm and 40–80 cm) using random sampling to ensure representative coverage of each land use type. Samples were air-dried, passed through a 2 mm sieve, and analyzed using standard laboratory methods. Measured parameters included micronutrients (Mn, Zn, Cu, Fe) via atomic absorption spectrophotometry, electrical conductivity (EC) using a conductivity meter, pH using a pH meter, and organic matter content via the Walkley-Black method. Data were categorized into ameliorative factors (N, P, K, organic matter, sulfate, Mg, Mn, Zn, Cu, Fe, Ca) and degradative factors (chloride, pH, EC). Statistical analysis was performed using ANOVA to examine significant differences between treatments, followed by Duncan's multiple comparison test. All analyses were conducted using SPSS, SAS, and Excel software.

Results and Discussion: The results revealed significant differences in soil quality among the four land use types. In general, irrigated monoculture and polyculture lands exhibited higher levels of ameliorative factors, while rangelands showed higher levels of degradative factors. In the surface layer (0–40 cm), mean organic matter content was significantly higher in monoculture (0.34%) and polyculture (0.30%) lands compared to rangelands (0.18%). Similarly, N levels were significantly higher in monoculture (0.037%) and polyculture (0.032%) compared to rangelands (0.02%). Among degradative factors, pH showed significant differences, with orchards exhibiting the highest acidity (8.23) compared to rangelands (7.71). EC was highest in monoculture lands, likely due to chemical fertilizer application and salt accumulation, showing significant differences from other treatments. Chloride concentration was highest in polyculture lands (59.64 meq/L). In the subsurface layer (40–80 cm), monoculture lands consistently performed better, with organic matter (0.26%) and nitrogen (0.027%) significantly higher than rangelands (0.14% and 0.012%, respectively). Micronutrient analysis revealed that Cu levels in monoculture lands (0.67 mg/kg) were significantly higher than in rangelands (0.21 mg/kg) in the surface layer. Based on a scoring system that integrated all soil quality indicators, monoculture lands received the highest score (+10), indicating the most suitable conditions for soil improvement. In contrast, rangelands received the lowest score (-19), reflecting the least favorable conditions for soil ameliorative properties across both soil layers.

Conclusion: This study demonstrates that agricultural land use type significantly influences soil quality in the Saravan Plain. Irrigated monoculture lands exhibited the greatest potential for soil improvement, as reflected in higher organic matter and N content, along with reduced chloride and pH levels. Conversely, rangelands were the most vulnerable, characterized by the lowest ameliorative factors and the highest degradative factors. These findings underscore the importance of targeted agricultural management practices for improving soil health and reducing desertification risk in arid and semi-arid regions. Future research should focus on long-term monitoring of soil dynamics and validate these findings in other arid regions using complementary technologies such as remote sensing to enhance the generalizability of results.

Keywords: Desertification, Soil fertility, Soil micronutrients, Arid agriculture, Watershed management

Citation: Khosravi Majd, B., Rigi, M. R., Amiri, S. R., & Mohamadi, M. (2026). Optimizing Agricultural Land Use to Mitigate Soil Degradation in the Saravan Plain. *Integrated Watershed Management*, 6(2), 95-109. doi=10.22034/iwm.2025.2066974.1242

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Integrated Watershed Management. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).



بهینه‌سازی کاربری اراضی کشاورزی برای کاهش تخریب خاک در دشت سراوان

بابک خسروی مجد^۱، محمدرضا ریگی^{۱*}، سیدرضا امیری^۲، مجتبی محمدی^۱

۱. گروه مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده علوم محیطی، برنامه‌ریزی و توسعه پایدار، دانشگاه سراوان، سراوان، ایران

۲. گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه سراوان، سراوان، ایران.

*نویسنده مسئول: mr.rigi@saravan.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۲۰

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۵/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۰۴

چکیده مبسوط

مقدمه: تخریب خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک، چالش جدی برای کشاورزی پایدار و اکوسیستم‌ها ایجاد می‌کند. تقریباً ۱۰۰ میلیون هکتار از اراضی ایران در معرض بیابان‌زایی قرار دارند که این پدیده ناشی از عوامل طبیعی و انسانی است. فعالیت‌های کشاورزی، هرچند برای امنیت غذایی ضروری هستند، از طریق روش‌هایی مانند کشت بیش از حد، آبیاری نامناسب و استفاده بیش از اندازه از نهاده‌های شیمیایی، به کاهش حاصلخیزی خاک و افزایش بیابان‌زایی کمک می‌کنند. در مناطقی مانند دشت سراوان، مراتع برای تأمین نیازهای جمعیتی بدون مدیریت مناسب خاک به اراضی کشاورزی تبدیل شده‌اند. این تغییرات بر شاخص‌های سلامت خاک، از جمله نیتروژن، ماده آلی، شوری و pH، تأثیر گذاشته و منجر به تخریب خاک شده است. درک تأثیرات کشاورزی بر تخریب خاک برای توسعه استراتژی‌های کاربری پایدار اراضی در مناطق خشک با منابع خاکی محدود حیاتی است. این مطالعه با هدف شناسایی روش‌های مدیریتی برای کاهش تخریب و افزایش پایداری خاک در دشت سراوان، اثرات انواع مختلف کاربری‌های کشاورزی بر شاخص‌های کیفیت خاک صورت گرفت. در واقع، این پژوهش بر پایه این فرضیه استوار است که انتخاب مناسب نوع کاربری می‌تواند تعادل بین عوامل بهبوددهنده و تخریب‌کننده خاک را برقرار و به سیاست‌گذاران کمک کند تا برنامه‌های بلندمدت برای حفاظت از منابع طبیعی را تدوین نمایند. علاوه بر این، با توجه به تغییرات اقلیمی جهانی که خشکسالی را تشدید می‌کند، چنین مطالعاتی می‌توانند مبنایی برای مدل‌سازی‌های آینده در زمینه مدیریت اراضی فراهم آورند.

مواد و روش‌ها: این پژوهش میدانی در بخش مرکزی دشت سراوان انجام شد تا تأثیر انواع کاربری اراضی کشاورزی بر تخریب خاک ارزیابی شود. از طرح کرت‌های خردشده بر پایه بلوک کاملاً تصادفی با سه تکرار برای مقایسه چهار نوع کاربری غالب اراضی استفاده گردید: تک‌کشتی آبی، چندکشتی آبی، باغی و مرتع (به عنوان شاهد). نمونه‌برداری خاک از دو عمق انجام شد: ۰ تا ۴۰ سانتی‌متر (لایه سطحی) و ۴۰ تا ۸۰ سانتی‌متر (لایه زیرسطحی). از روش نمونه‌برداری تصادفی برای انتخاب مکان‌های نماینده هر نوع کاربری بهره گرفته شد. آماده‌سازی نمونه‌ها شامل خشک کردن در هوا و عبور از الک ۲ میلی‌متری بود. اندازه‌گیری‌های کمی ویژگی‌های خاک با استفاده از روش‌های استاندارد آزمایشگاهی صورت گرفت، از جمله تعیین ریزمغذی‌ها (منگنز، روی، مس، آهن) با اسپکتروفتومتری جذب اتمی، هدایت الکتریکی (EC) با دستگاه هدایت‌سنج، pH با pH متر و محتوای ماده آلی از طریق روش والکلی-بلک. جمع‌آوری داده‌ها شامل عوامل بهبوددهنده (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، ماده آلی، سولفات، منیزیم، منگنز، روی، مس، آهن، کلسیم) و عوامل تخریب‌کننده (کلرید، pH، هدایت الکتریکی) بود. تحلیل آماری با استفاده از آزمون ANOVA برای بررسی تفاوت‌های معنی‌دار بین تیمارها، آزمون مقایسه چندگانه دانکن و ترسیم نمودارها با نرم‌افزارهای SPSS، SAS و Excel انجام گردید. این روش‌ها به منظور اطمینان از دقت و قابلیت تکرارپذیری نتایج انتخاب شدند و تمام مراحل نمونه‌برداری و تحلیل بر اساس استانداردهای بین‌المللی خاک‌شناسی انجام شد تا خطاهای احتمالی به حداقل برسد. همچنین، برای افزایش اعتبار پژوهش، شرایط محیطی مانند دما، بارندگی و نوع خاک منطقه در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث: نتایج نشان‌دهنده تفاوت‌های معنی‌دار در کیفیت خاک بین چهار نوع کاربری اراضی بود. اراضی تک‌کشتی و چندکشتی آبی سطوح بالاتری از عوامل بهبوددهنده را نسبت به مراتع نشان دادند، در حالی که مراتع سطوح بالاتری از عوامل تخریب‌کننده داشتند. در لایه سطحی، میانگین محتوای ماده آلی به طور معنی‌دار در اراضی تک‌کشتی (۰/۳۴ درصد) و چندکشتی (۰/۳۰ درصد) بالاتر از مراتع (۰/۱۸ درصد) بود. به طور مشابه، سطوح نیتروژن در تک‌کشتی (۰/۳۷ درصد) و چندکشتی (۰/۳۲ درصد) به طور معنی‌دار بالاتر از مراتع (۰/۰۲ درصد) بود. عوامل تخریب‌کننده مانند pH تفاوت‌های معنی‌داری نشان داد، به طوری که باغات اسیدیته بالاتری (۸/۲۳) نسبت به مراتع (۷/۷۱) داشتند. هدایت الکتریکی در اراضی تک‌کشتی بالاترین مقدار را داشت و تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد، که احتمالاً به دلیل کاربرد کودهای شیمیایی و تجمع نمک است. غلظت کلرید در اراضی چندکشتی بالاترین مقدار (۵۹/۶۴ میلی‌اکی‌والان در لیتر) را داشت. در لایه زیرسطحی، اراضی تک‌کشتی عملکرد بهتری داشتند، با ماده آلی (۰/۲۶ درصد) و نیتروژن (۰/۲۷ درصد) به طور معنی‌دار بالاتر از مراتع (۰/۱۴ درصد و ۰/۱۲ درصد، به ترتیب). تحلیل ریزمغذی‌ها نشان داد که سطوح مس در اراضی تک‌کشتی (۰/۶۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) به طور معنی‌دار بالاتر از مراتع (۰/۲۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) در لایه سطحی بود. پس از امتیازدهی به تیمارها، اراضی تک‌کشتی امتیاز ۱۰+ را دریافت کردند که آنها را به عنوان مناسب‌ترین تیمار برای بهبود شرایط خاک معرفی می‌کند، در حالی که مراتع امتیاز ۱۰- را کسب کردند که نشان‌دهنده کمترین شرایط مناسب برای ویژگی‌های بهبوددهنده خاک در هر دو لایه است. این نتایج با مطالعات قبلی در مناطق خشک همخوانی دارد و تأکید می‌کند که مدیریت آبیاری و انتخاب کشت می‌تواند نقش کلیدی در کاهش اثرات منفی داشته باشد.

نتیجه‌گیری: این مطالعه نشان داد که نوع کاربری اراضی کشاورزی به طور معنی‌داری بر کیفیت خاک در دشت سراوان تأثیر می‌گذارد. اراضی تک‌کشتی آبی بهترین عملکرد را در بهبود خاک نشان دادند، با افزایش ماده آلی و نیتروژن در حالی که کلرید و pH کاهش می‌دادند. در مقابل، مراتع آسیب‌پذیرترین بودند با پایین‌ترین عوامل بهبوددهنده و بالاترین عوامل تخریب‌کننده. یافته‌ها از مدیریت هدفمند کشاورزی برای بهبود سلامت خاک و کاهش خطر بیابان‌زایی در مناطق خشک و نیمه‌خشک حمایت می‌کنند. تحقیقات آینده باید تغییرات بلندمدت خاک را نظارت کند و یافته‌ها را در سایر مناطق خشک با استفاده از فناوری‌هایی مانند سنجش از دور اعتباربخشی نماید تا قابلیت تعمیم‌پذیری نتایج تضمین شود. علاوه بر این، این نتایج می‌توانند به سیاست‌گذاران کمک کنند تا برنامه‌های حفاظتی مؤثرتری طراحی کنند.

واژه‌های کلیدی: بیابان‌زایی، حاصلخیزی خاک، ریزمغذی‌های خاک، کشاورزی خشک، مدیریت حوزه آبخیز

استناد: خسروی مجد، ب.، ریگی، م.، امیری، س. ر. و محمدی، م. (۱۴۰۵). بهینه‌سازی کاربری اراضی کشاورزی برای

کاهش تخریب خاک در دشت سراوان. مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، ۶(۲)، ۹۵-۱۰۹.

حق چاپ:



حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این نشریه به صورت آزاد در وبسایت نشریه برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل‌دسترس است.

مقدمه

تخریب زمین در مناطق خشک و نیمه‌خشک، مانند ایران، چالشی جدی برای کشاورزی پایدار و اکوسیستم‌ها است. حدود ۱۰۰ میلیون هکتار از زمین‌های ایران در معرض بیابان‌زایی ناشی از عوامل طبیعی و انسانی قرار دارند (Arrúe et al., 2019). فعالیت‌های کشاورزی، هرچند برای امنیت غذایی ضروری‌اند، اما با روش‌هایی مانند کشت بیش‌ازحد، آبیاری نادرست و استفاده زیاد از نهاده‌های شیمیایی، به کاهش حاصل‌خیزی خاک و افزایش بیابان‌زایی منجر می‌شوند (Follett & Stewart, 1985; Lal, 2001). در مناطقی مانند دشت سراوان، بدون رعایت مدیریت مناسب خاک و جهت تأمین نیازهای جمعیت، مراتع را به زمین‌های زراعی تبدیل کرده‌اند (Netthisinghe et al., 2023). این تغییرات، شاخص‌های سلامت خاک مانند نیتروژن، ماده آلی، شوری و pH را تحت تأثیر قرار داده و به تخریب خاک منجر شده است (Emami et al., 2024). درک تأثیرات کشاورزی بر تخریب زمین برای تدوین استراتژی‌های پایدار کاربری زمین در مناطق خشک، که منابع خاک محدود دارند، حیاتی است. در این پژوهش نیز شناسایی شیوه‌های مدیریتی برای کاهش تخریب و افزایش پایداری خاک در دشت سراوان مدنظر قرار گرفت.

کاربری زمین بر سلامت خاک، ساختار آن، چرخه مواد مغذی و حساسیت به فرسایش و شوری‌زایی تأثیر می‌گذارد (Lal, 2016). تحقیقات نشان داده‌اند که تک‌کشتی می‌تواند مواد مغذی خاک را کاهش دهد، درحالی‌که سیستم‌های چندکشتی با افزایش ماده آلی، حاصل‌خیزی خاک را بهبود می‌بخشند (Walkley & Black, 1934; Creswell & Creswell, 2017). در مناطق خشک و نیمه‌خشک، آبیاری نادرست در تک‌کشتی ممکن است شوری خاک را افزایش دهد، اما چندکشتی با تناوب زراعی این اثرات را کاهش می‌دهد (Nouraein et al., 2019). تحقیقات نشان داده که

زمین‌های زراعی نسبت به مراتع، مواد مغذی بیشتری دارند (Abdullahi et al., 2023).

تخریب خاک نیز متغیر وابسته مدنظر در این مطالعه است که به‌عنوان کاهش بهره‌وری زیستی خاک به دلیل تغییرات در ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی، تعریف می‌شود (Arrúe et al., 2019). تخریب خاک از طریق افزایش سطوح عوامل تخریبی مانند شوری، pH و کلرید، و کاهش سطوح عوامل اصلاحی شامل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم، ماده آلی و ریزمغذی‌ها (مانند منگنز و روی) قابل تشخیص است (Lobell, 2010; Sadeghi & Hazbavi, 2022). تخریب خاک به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک که حاصل‌خیزی خاک ذاتاً پایین بوده، به شیوه‌های کشاورزی ناپایدار مرتبط می‌باشد. فرسایش خاک به‌عنوان یکی از اجزای کلیدی تخریب، ظرفیت خاک برای حفظ آب و مواد مغذی را کاهش می‌دهد و بر بهره‌وری کشاورزی تأثیر می‌گذارد (Lal, 2009). این یافته‌ها بر اهمیت ارزیابی تخریب خاک در دشت سراوان تأکید می‌کنند، جایی که تشدید فعالیت‌های کشاورزی ممکن است بیابان‌زایی را تشدید کرده و امنیت غذایی بلندمدت و سلامت اکوسیستم را تهدید کند.

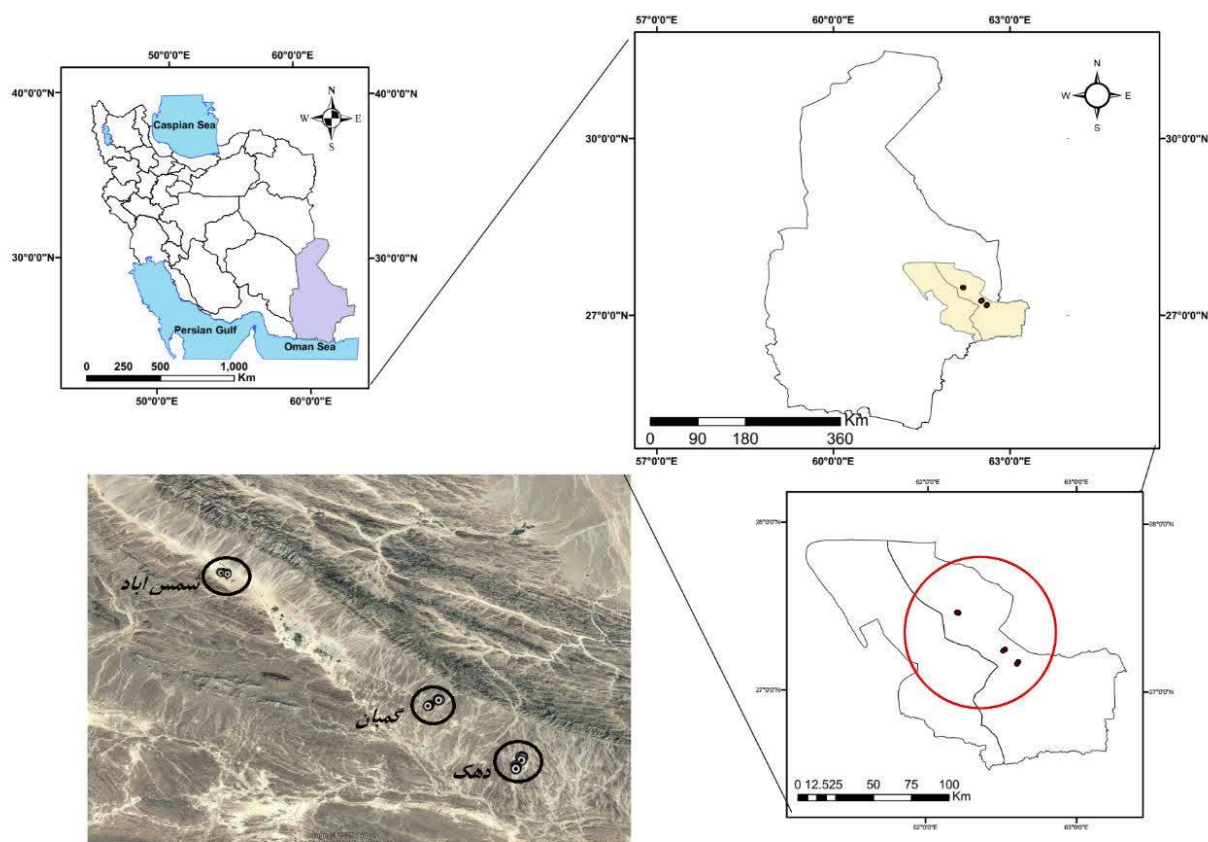
با وجود تحقیقات گسترده در زمینه تخریب زمین، درک اثرات انواع کاربری زمین کشاورزی در مناطق خشک مانند دشت سراوان، همچنان ناکافی است. مطالعات کمی به‌طور سیستماتیک تأثیر سیستم‌های تک‌کشتی، چندکشتی، باغ و مرتع را بر عوامل اصلاحی و تخریبی خاک در یک منطقه واحد مقایسه کرده‌اند (FAO, 1984; Mashizi et al., 2019). همچنین، تعامل بین شیوه‌های کاربری زمین و تخریب خاک در دشت سراوان، با محدودیت‌های اکولوژیکی خاص، به‌خوبی بررسی نشده و ابهاماتی درباره شیوه‌های کاهش‌دهنده تخریب وجود دارد (Safaei et al., 2019; Naorem & Machiwal, 2023). فقدان داده‌های محلی، توسعه سیاست‌های مبتنی بر شواهد برای کشاورزی پایدار را محدود کرده است. بااین‌حال، تأثیرات خاص کاربری زمین در دشت سراوان با شرایط

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش در محدوده مختصات جغرافیایی $۶۱^{\circ}۱۰'$ تا $۶۲^{\circ}۳۵'$ طول شرقی و $۲۷^{\circ}۲۰'$ تا $۲۷^{\circ}۵۵'$ عرض شمالی در بخش مرکزی شهرستان سراوان، استان سیستان و بلوچستان، قرار دارد. منطقه دارای اقلیم خشک با میانگین بارندگی سالانه ۱۱۰ میلی‌متر (Iran Meteorological Organization, 2025) و حداکثر ارتفاع در این محدوده ۲۵۷۷ متر از سطح دریا در قسمت شمال و ارتفاعات شمالی منطقه و حداقل ارتفاع ۸۷۳ متر از سطح دریا در منطقه کف و یا مسیر رودخانه فصلی و در میانه محدوده مورد مطالعه قرار دارد (National Cartographic Center of Iran, 2006). اراضی روستاهای شمس‌آباد، گمبان و دهک به عنوان مناطق نماینده کشاورزی دشت سراوان می‌باشند. موقعیت منطقه مورد مطالعه و نقشه کاربری اراضی در شکل‌های (۱ و ۲) نشان داده شده است.

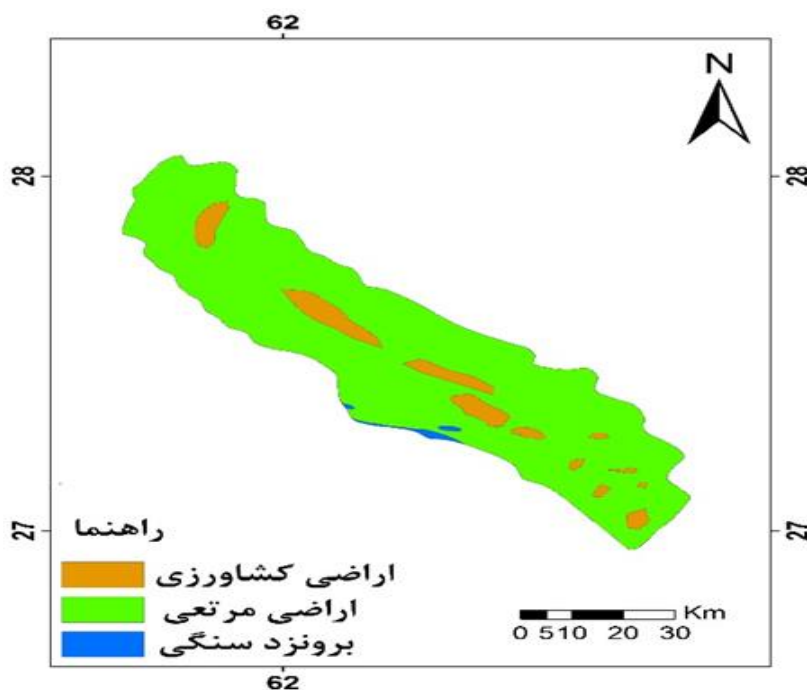
اقلیمی و خاکی منحصربه‌فرد، کمتر مطالعه شده و نیاز به بررسی هدفمند برای ترویج کشاورزی پایدار دارد. این مطالعه با ارزیابی تأثیر چهار نوع کاربری زمین بر کیفیت خاک در دشت سراوان، این شکاف را پر کرده و راهکارهایی برای تعادل بین بهره‌وری کشاورزی و حفاظت محیط‌زیست ارائه می‌دهد. اهداف پژوهش حاضر عبارتند از: (۱) بررسی تأثیر انواع مختلف کاربری زمین بر عوامل اصلاحی و تخریبی خاک، (۲) شناسایی مؤثرترین نوع کاربری زمین در کاهش تخریب خاک، (۳) مقایسه ویژگی‌های خاک در لایه‌های سطحی و زیرسطحی در میان انواع کاربری زمین.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه
Figure 1- Location of the study area



شکل ۲- کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه (General Directorate of Natural Resources and Watershed)
(Management of Sistan and Baluchestan Province, 2023)

Figure 2- Land use of the study area

روش تحقیق

در این پژوهش ارزیابی تأثیر انواع کاربری زمین کشاورزی بر تخریب خاک در دشت سراوان، به صورت یک تحقیق میدانی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و بر پایه آرایش کرت‌های خردشده با سه تکرار انجام گرفت. عامل اصلی شامل چهار نوع غالب کاربری زمین تک‌کشتی آبی (گندم)، چندکشتی آبی (گندم، یونجه و ذرت علوفه‌ای)، باغ و مرتع آزاد (شاهد) و عامل فرعی نیز شامل دو عمق نمونه‌برداری خاک بود: (۱) لایه سطحی (۰-۴۰ سانتی‌متر) و (۲) لایه زیرسطحی (۴۰-۸۰ سانتی‌متر). منطقه مورد مطالعه دشت سراوان بوده، جایی که نمونه‌های خاک برای ارزیابی عوامل اصلاحی و تخریبی خاک از سه منطقه شاخص در این دشت (شمس‌آباد، گمبان و دهک) جمع‌آوری شدند. در هر واحد آزمایشی (مربوط به هر کاربری در هر تکرار)، جهت تهیه یک نمونه مرکب معرف، چندین زیرنمونه از نقاط مختلف در یک مسیر زیگزاگی به صورت تصادفی برداشت و پس از اختلاط کامل، یک نمونه نهایی تهیه گردید. آماده‌سازی نمونه‌ها برای آنالیز شامل خشک کردن در هوای آزاد و عبور از الک ۲

میلی‌متری انجام گردید. بر اساس نقشه کاربری اراضی استخراج‌شده از کتابچه مطالعات منطقه، کاربری غالب در محدوده مورد مطالعه مرتع است که بیشترین سطح منطقه را به خود اختصاص داده است. پس از آن، اراضی کشاورزی آبی قرار دارند که به صورت پراکنده در سطح منطقه گسترش یافته‌اند. سایر کاربری‌ها سهم کمتری از سطح منطقه را شامل می‌شوند. در این پژوهش، به منظور تطبیق نقشه کاربری اراضی با تیمارهای مورد بررسی، کاربری‌های کشاورزی به دو گروه اصلی تفکیک شدند: زراعت آبی شامل سیستم‌های تک‌کشتی و چندکشتی (کشت یک یا چند محصول به صورت همزمان یا متوالی) و باغات شامل باغ‌های نخل خرما و باغات مختلط. این تفکیک مبنای انتخاب تیمارهای مورد مطالعه و تفسیر نتایج کیفیت خاک در منطقه قرار گرفت.

جمع‌آوری داده‌ها شامل اندازه‌گیری‌های کمی ویژگی‌های خاک بود که با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی استاندارد اندازه‌گیری شدند. تعیین عناصر ریزمغذی (مانند منگنز، روی، مس، آهن) با استفاده از دستگاه جذب اتمی (Lindsay & Norvell, 1978)،

هدایت‌سنج برای تعیین هدایت الکتریکی (EC) در عصاره اشباع خاک و pH خاک با استفاده از pH متر در عصاره اشباع خاک (Staff, 1954)، محتوای ماده آلی به روش اکسیداسیون مرطوب والکلی-بلک (Walkley & Black, 1934)، فسفر قابل دسترس در خاک به روش اولسن (Olsen *et al.*, 1954)، نیتروژن کل به روش کج‌لدال (Kjeldahl, 1883)، پتاسیم قابل دسترس با دستگاه فلیم فتومتر (Helmke & Sparks, 1996)، کلسیم و منیزیم به روش (Clesceri *et al.*, 1998)، کلراید به روش (Richards, 1954) و سولفات به روش (USDA, 2004) ارزیابی گردید.

جمع‌آوری داده‌های خاک از چهار نوع کاربری زمین و در اعماق مشخص‌شده با اندازه‌گیری عوامل اصلاحی (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، ماده آلی، سولفات، منیزیم، منگنز، روی، مس، آهن، کلسیم) و عوامل تخریبی (کلراید، pH، هدایت الکتریکی) صورت گرفت. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها شامل آنالیز واریانس (ANOVA) برای بررسی تفاوت‌های معنی‌دار بین تیمارها، آزمون مقایسه میانگین دانکن (در سطح ۵ درصد) و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS، SPSS و Excel انجام گرفت. رویکرد این مطالعه بر اساس چارچوب نظری تخریب زمین و بیابان‌زایی بوده که بر شاخص‌های کیفیت خاک، تأکید داشت (Oldeman *et al.*, 1991; Lal, 2001). بر این اساس، امکان مقایسه بین انواع کاربری زمین برای دستیابی به اهداف مطالعه فراهم گردید.

روش امتیازدهی کیفی خاک

به منظور مقایسه کمی پتانسیل کاربری‌های مختلف در اصلاح یا تخریب خاک، از یک روش امتیازدهی مبتنی بر نتایج گروه‌بندی آماری (آزمون دانکن در سطح ۵ درصد) استفاده شد. برای هر ویژگی خاک در هر عمق، ابتدا بر اساس آزمون دانکن، تیمارها در گروه‌های آماری همگن (مانند a، b و ...) دسته‌بندی شدند، برای عوامل اصلاحی (شامل ماده آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، سولفات، آهن، روی، مس و منگنز)،

تیمارهایی که در بالاترین گروه آماری قرار داشتند، امتیاز ۱+ و سایر تیمارها امتیاز ۱- دریافت کردند. اگر تمام تیمارها در یک گروه آماری قرار می‌گرفتند، همه تیمارها امتیاز ۱+ دریافت می‌کردند. برای عوامل تخریبی (شوری، کلراید و اسیدیته)، تیمارهایی که در پایین‌ترین گروه آماری قرار داشتند، امتیاز ۱+ و سایر تیمارها امتیاز ۱- دریافت کردند. اگر تمام تیمارها در یک گروه آماری قرار می‌گرفتند، همه تیمارها امتیاز ۱+ دریافت می‌کردند. در نهایت، شاخص نهایی کیفیت خاک برای هر کاربری از مجموع جبری امتیازات کسب‌شده در تمام ویژگی‌ها و هر دو عمق محاسبه گردید.

نتایج

نتایج بدست آمده در منطقه مورد مطالعه تفاوت‌های آشکاری در کیفیت خاک بین چهار نوع کاربری زمین را نشان داد، به طوری که اراضی تک‌کشتی و چندکشتی آبی سطوح بالاتری از عوامل اصلاحی را نسبت به مراتع (با عوامل تخریبی بیشتر) داشتند. نتایج تحلیل‌های آماری تفاوت‌های معنی‌دار در برخی ویژگی‌های خاک مانند ماده آلی، نیتروژن، pH، مس و منگنز، به‌ویژه در لایه سطحی، را تأیید کردند. در ارزیابی تأثیر انواع کاربری زمین بر عوامل اصلاحی و تخریبی خاک، تحلیل واریانس تفاوت‌های معنی‌داری را در چندین ویژگی خاک نشان داد. عوامل تخریبی مانند pH تفاوت‌های معنی‌داری را نشان داد، به‌طوری‌که در تیمار کشت باغی اسیدیته بالاتری (۸/۲۳) در مقایسه با مراتع (۷/۷۱) داشت. در خصوص هدایت الکتریکی بیشترین میزان در تیمار اراضی تک‌کشتی بوده که اختلاف معنی‌داری را با سایر تیمارها نشان داد که می‌تواند ناشی از مصرف کودهای شیمیایی و تجمع املاح در این اراضی باشد (جدول ۱). میانگین مقادیر پتاسیم در لایه سطحی در تیمارهای مختلف نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارها وجود ندارد.

تیمارهای تک‌کشتی و باغی به‌دست آمد که دارای اختلاف معنی‌داری با تیمارهای چندکشتی و مرتع می‌باشند (جدول ۱). همچنین در لایه زیرسطحی، بررسی میانگین مقادیر فسفر، پتاسیم و سولفات نشان داد که هیچ اختلاف معنی‌داری در کاربری مختلف اراضی وجود ندارد.

نتایج آنالیز ویژگی‌های خاک در لایه زیرسطحی نشان داد که زمین‌های تک‌کشتی آبی به‌طور مداوم عملکرد بهتری نسبت به سایر تیمارها داشتند. میانگین مقادیر هدایت الکتریکی در اراضی مرتعی (۵/۲۵) به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود. میانگین مقادیر pH در لایه زیرسطحی نشان داد که بیشترین میزان در

جدول ۱- میانگین مقادیر برخی از ویژگی‌های خاک در لایه سطحی و زیرسطحی

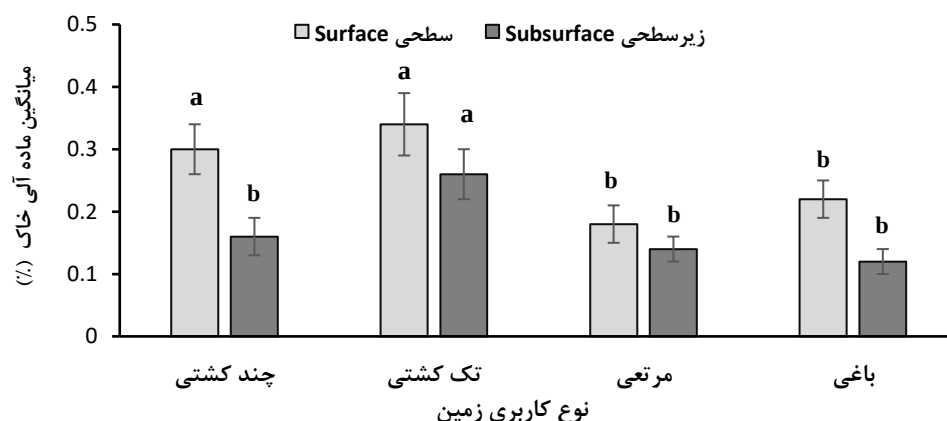
Table 1- Mean values of selected soil properties in the surface and subsurface layers

ویژگی خاک	سطحی		زیرسطحی	
	نوع کاربری زمین	میانگین	نوع کاربری زمین	میانگین
اسیدیته	باغی	8.23 ± 0.67a	تک‌کشتی	8.19 ± 0.66a
	تک‌کشتی	7.89 ± 0.63b	باغی	8.14 ± 0.65a
	مرتع	7.71 ± 0.62b	چندکشتی	7.86 ± 0.63b
	چندکشتی	7.69 ± 0.62b	مرتع	7.78 ± 0.62b
هدایت الکتریکی (dS/m)	تک‌کشتی	9.15 ± 1.1a	مرتع	5.25 ± 0.63a
	باغی	7.32 ± 0.88b	چندکشتی	4.60 ± 0.55b
	مرتع	5.26 ± 0.63b	تک‌کشتی	4.49 ± 0.54b
	چندکشتی	4.85 ± 0.58b	باغی	4.44 ± 0.53b

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد با آزمون دانکن است. مقادیر به صورت (میانگین ± انحراف معیار) ارائه شده‌اند.

در لایه زیرسطحی میانگین میزان ماده آلی (درصد) در زمین‌های تک‌کشتی (۰/۲۶) به‌طور معنی‌داری بالاتر از مراتع (۰/۱۴) بدست آمد (شکل ۳).

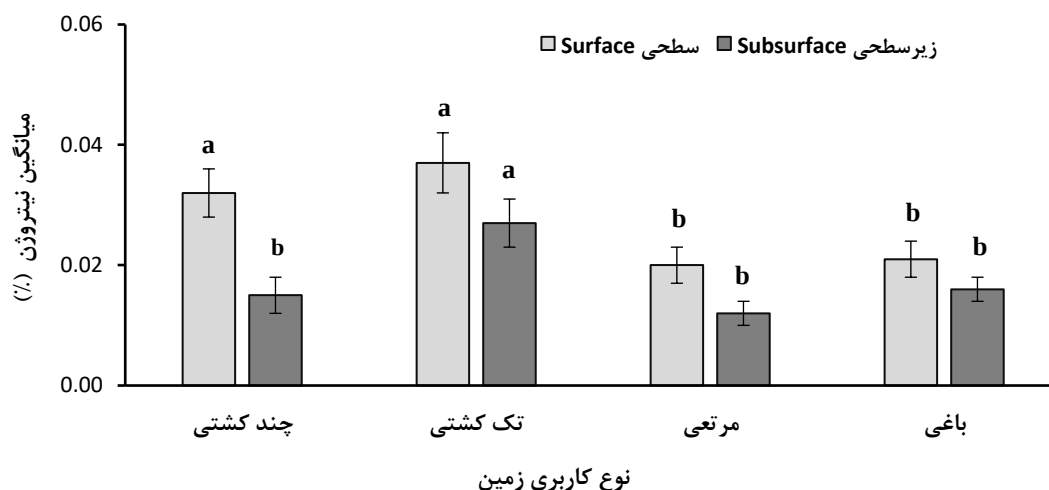
در لایه سطحی، میانگین میزان ماده آلی (درصد) در زمین‌های تک‌کشتی آبی (۰/۳۴) و چندکشتی آبی (۰/۳۰) به‌طور معنی‌داری بالاتر از مراتع (۰/۱۸) بود و



شکل ۳- مقایسه میانگین درصد ماده آلی خاک در دو عمق و تحت تأثیر کاربری‌های مختلف اراضی (خطوط خطا نشان‌دهنده انحراف معیار میانگین (n=3) هستند).

Figure 3- Comparison of mean soil organic matter percentage at two depths under different land use types (Error bars represent the standard deviation of the mean (n=3))

میانگین میزان نیتروژن (درصد) نیز روندی مشابه ماده آلی را نشان داد، به‌طوری که در زمین‌های تک‌کشتی (۰/۰۳۷) و چندکشتی (۰/۰۳۲) به‌طور معنی‌داری بالاتر از مراتع (۰/۰۲) می‌باشد. همچنین در لایه زیرسطحی میانگین سطوح نیتروژن (درصد) نیز الگوی مشابهی داشت، به‌طوری که در اراضی تک‌کشتی (۰/۰۲۷) به‌طور معنی‌داری بیشتر از مراتع (۰/۰۱۲) بود (شکل ۴).



شکل ۴- مقایسه میانگین درصد نیتروژن در دو عمق و تحت تأثیر کاربری‌های مختلف اراضی (خطوط خطا نشان‌دهنده انحراف معیار میانگین (n=3) هستند).

Figure 4- Comparison of mean N at two depths under different land use types (Error bars represent the standard deviation of the mean (n=3))

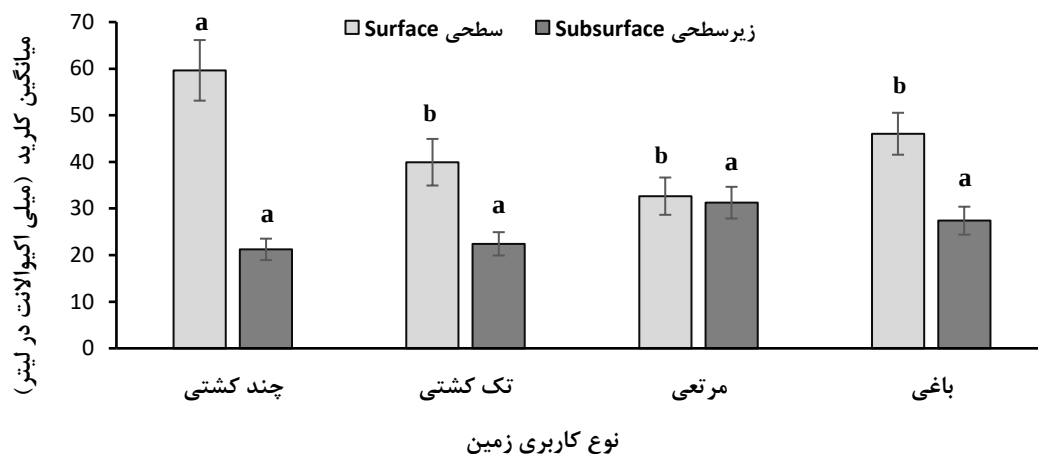
بررسی فسفر در لایه سطحی نشان داد که بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود دارد به‌طوری که میزان فسفر در اراضی باغی بیشتر از سایر اراضی می‌باشد (شکل ۵)



شکل ۵- مقایسه میانگین فسفر در لایه سطحی و تحت تأثیر کاربری‌های مختلف اراضی (خطوط خطا نشان‌دهنده انحراف معیار میانگین (n=3) هستند).

Figure 5- Comparison of mean P at surface layer under different land use types (Error bars represent the standard deviation of the mean (n=3))

بیشترین میزان کلرید در تیمار چندکشتی به میزان ۵۹/۶۴ میلی‌اکی‌والانت در لیتر به‌دست آمد که دارای اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها بود (شکل ۶). در صورتی که در لایه زیرسطحی، میانگین مقادیر کلرید در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری نداشتند.



شکل ۶- مقایسه میانگین کلرید در دو عمق و تحت تأثیر کاربری‌های مختلف اراضی (خطوط خطا نشان‌دهنده انحراف معیار میانگین (n=3) هستند).

Figure 6- Comparison of mean Chloride at two depths under different land use types (Error bars represent the standard deviation of the mean (n=3))

از مراتع (۱/۶۶ میلی گرم در کیلوگرم) به دست آمد. در لایه زیرسطحی، سطوح روی در اراضی تک کشتی و چندکشتی (به ترتیب ۰/۵۱ و ۰/۴۵ میلی گرم در کیلوگرم) به طور معنی داری بیشتر از مراتع (۰/۱۷ میلی گرم در کیلوگرم) بود.

تغییرات در مقادیر سایر عناصر مغذی (روی، آهن، منگنز و کلسیم) در انواع کاربری زمین و در دو لایه سطحی و زیرسطحی نیز مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۲). میانگین مقدار منگنز در اراضی تک کشتی (۴/۵۳ میلی گرم در کیلوگرم) به طور معنی داری بیشتر

جدول ۲- میانگین مقادیر برخی از عناصر غذایی خاک در لایه سطحی و زیرسطحی

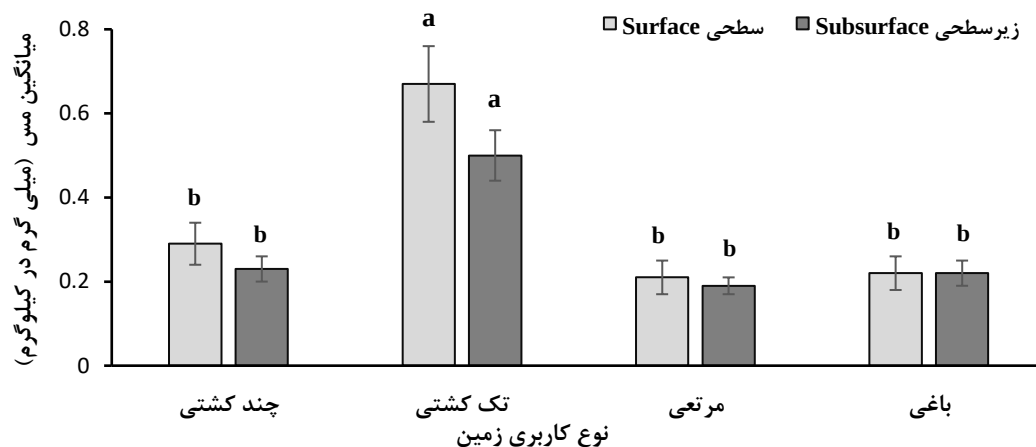
Table 3- Mean values of selected soil nutrients in the surface and subsurface layers

ویژگی خاک	سطحی		زیرسطحی	
	نوع کاربری زمین	میانگین	نوع کاربری زمین	میانگین
روی (mg/kg)	تک کشتی	0.50 ± 0.06a	تک کشتی	0.51 ± 0.06a
	چندکشتی	0.26 ± 0.03b	چندکشتی	0.45 ± 0.05a
	باغی	0.24 ± 0.03b	باغی	0.24 ± 0.03b
	مرتعی	0.17 ± 0.02b	مرتعی	0.17 ± 0.02b
آهن (mg/kg)	مرتعی	23.43 ± 2.15 a	تک کشتی	2.72 ± 0.08a
	تک کشتی	11.46 ± 1.05 b	باغی	0.91 ± 0.10b
	باغی	0.70 ± 0.09 c	چندکشتی	0.75 ± 0.08b
	چندکشتی	0.68 ± 0.07 c	مرتعی	0.66 ± 0.07b
منگنز (mg/kg)	تک کشتی	4.53 ± 0.50 a	تک کشتی	4.93 ± 0.54a
	باغی	2.47 ± 0.28 b	باغی	1.53 ± 0.17b
	چندکشتی	2.34 ± 0.25 b	چندکشتی	1.27 ± 0.14b
	مرتعی	1.66 ± 0.21 b	مرتعی	1.15 ± 0.13b
کلسیم (meq/l)	باغی	22.25 ± 2.50 a	مرتعی	18.25 ± 2.19a
	تک کشتی	17.77 ± 1.80 a	چندکشتی	11.11 ± 1.33a
	چندکشتی	8.55 ± 0.95 b	تک کشتی	7.33 ± 0.88b
	مرتعی	5.32 ± 0.60 b	باغی	4.66 ± 0.56b

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد با آزمون دانکن است. مقادیر به صورت (میانگین ± انحراف معیار) ارائه شده‌اند.

به‌دست آمد. همچنین روند مشابهی در لایه زیرسطحی مشاهده شد (شکل ۷).

در لایه سطحی، میانگین مقدار مس در زمین‌های تک‌کشتی آبی (۰/۶۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) به‌طور معنی‌داری بالاتر از مراتع (۰/۲۱ میلی‌گرم در کیلوگرم)

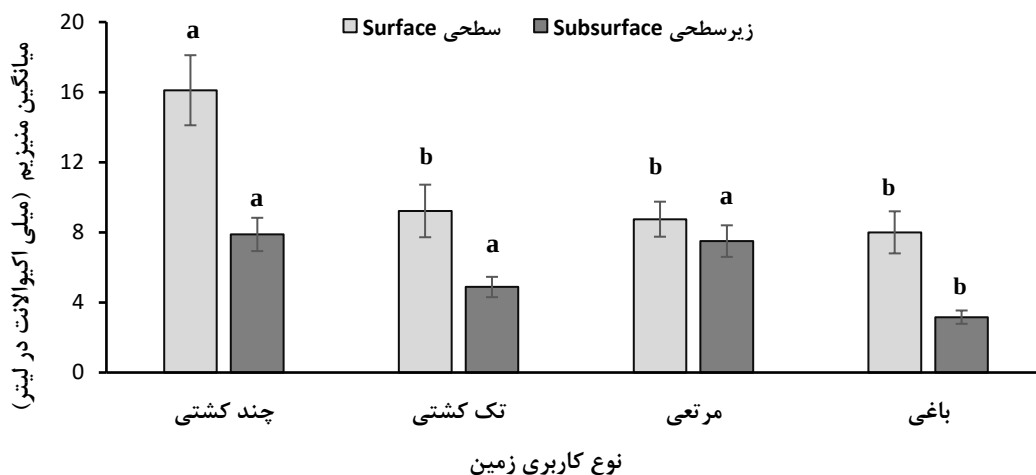


شکل ۷- مقایسه میانگین مس خاک در دو عمق و تحت تأثیر کاربری‌های مختلف اراضی (خطوط خطا نشان‌دهنده انحراف معیار میانگین (n=3) هستند).

Figure 7- Comparison of mean Cu at two depths under different land use types (Error bars represent the standard deviation of the mean (n=3))

تیمارها بود و در لایه زیرسطحی اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای چندکشتی، تک‌کشتی و مرتعی مشاهده نشد (شکل ۸).

در لایه سطحی، نتایج میانگین میزان منیزیم در کاربری‌های مختلف نشان داد که مقدار این عنصر در تیمار چندکشتی به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر



شکل ۸- میانگین مقادیر منیزیم در کاربری‌های مختلف اراضی در لایه سطحی و زیرسطحی (خطوط خطا نشان‌دهنده انحراف معیار میانگین (n=3) هستند).

Figure 8- Mean Mg values in different land uses in the surface and subsurface layers (Error bars represent the standard deviation of the mean (n=3))

نتایج حاصل از این امتیازدهی در جدول (۳) خلاصه شده است. نتایج نشان داد که اراضی تک‌کشتی با امتیاز ۱۰+ مناسب‌ترین تیمار بوده و باعث بهبود وضعیت

پس از امتیازدهی به تیمارها، تیمارهایی که فاکتور تخریبی را افزایش دادند امتیاز منفی و تیمارهایی که فاکتور اصلاحی را بهبود بخشیدند امتیاز مثبت گرفتند.

خاک شد. در مقابل، اراضی مرتعی با امتیاز ۱۰- نامناسب‌ترین تیمار از نظر ویژگی‌های اصلاحی خاک در هر دو لایه سطحی و زیرسطحی بود. اراضی تک‌کشتی بهترین عملکرد را در اصلاح ویژگی‌های لایه زیرسطحی خاک داشت و به دلیل نقش مثبت در

افزایش فاکتورهای اصلاحی، مناسب‌ترین کاربری برای منطقه است و از تخریب اراضی جلوگیری می‌کند. اراضی چندکشتی با امتیاز ۲- پس از اراضی تک‌کشتی در بهبود ویژگی‌های خاک قرار گرفت. پیشنهاد می‌شود کشاورزی منطقه به سمت تک‌کشتی هدایت شود.

جدول ۳- خلاصه امتیازدهی نهایی کیفیت خاک در کاربری‌های مختلف بر اساس عوامل اصلاحی و تخریبی
Table 3 - Summary of final soil quality scoring in different land uses based on ameliorative and degradative factors

نوع کاربری زمین	امتیاز عوامل اصلاحی	امتیاز عوامل تخریبی	امتیاز نهایی
تک‌کشتی	+19	-9	+10
چندکشتی	+13	-15	-2
باغی	+10	-18	-8
مرتعی	+9	-19	-10

بحث

یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهند که انواع کاربری زمین کشاورزی به‌طور قابل‌توجهی بر کیفیت خاک در دشت سراوان تأثیر می‌گذارند، به‌طوری‌که زمین‌های تک‌کشتی آبی عملکرد مناسب‌تری در بهبود عوامل اصلاحی خاک مانند ماده آلی و نیتروژن در مقایسه با مراتع، که دارای سطوح بالاتری از عوامل تخریبی مانند کلرید و pH بودند، نشان دادند. این نتایج با سؤال پژوهشی بررسی تأثیر انواع کاربری زمین بر عوامل اصلاحی و تخریبی خاک هم‌خوانی دارد و نقش حیاتی آبیاری و مدیریت زراعی را در کاهش تخریب خاک در محیط‌های خشک و نیمه‌خشک برجسته می‌کند (Lal, 2024; Puigserver et al., 2024). سطوح بالای عوامل اصلاحی در زمین‌های تک‌کشتی و چندکشتی آبی نشان‌دهنده آن است که این شیوه‌ها با افزایش دسترسی به مواد مغذی، حاصلخیزی خاک را بهبود می‌بخشند، که برای حفظ بهره‌وری کشاورزی در مناطقی مستعد بیابان‌زایی حیاتی است (Follett & Stewart, 1985). در مقابل، وضعیت نامطلوب خاک مراتع، آسیب‌پذیری آن‌ها را نسبت به تخریب نشان می‌دهد، که احتمالاً به دلیل ورودی‌های محدود مواد مغذی و قرار گرفتن در معرض تنش‌های محیطی است

(Singh, 2022). این یافته‌ها نشان‌دهنده اهمیت روش‌های کشاورزی مناسب برای حفظ سلامت خاک است و تأکید می‌کند که شاخص‌های کیفیت خاک نقش کلیدی در پایداری اکوسیستم دارند (Arrúe et al., 2019).

در راستای نتایج این پژوهش، مطالعات نشان می‌دهد که زمین‌های کشاورزی، به‌ویژه آن‌هایی که تحت آبیاری هستند، در مقایسه با مراتع، دارای سطح بالاتری از مواد مغذی هستند (Zehetabian et al., 2005). این موضوع تأیید می‌کند که مدیریت فعال خاک می‌تواند از فرآیندهای تخریب جلوگیری کند (Oldeman et al., 1991; Balota et al., 2004). با این حال، عملکرد بهتر زمین‌های تک‌کشتی آبی در تضاد با مطالعاتی است که پیشنهاد کرده بودند مراتع در برخی زمین‌های خشک به دلیل نیاز کم به نهاده‌ها می‌توانند بهینه باشند (Mesgaran et al., 2017). این اختلاف ممکن است ناشی از تفاوت‌های منطقه‌ای در اقلیم و شیوه‌های مدیریت خاک باشد، زیرا شرایط خشک دشت سراوان و شیوه‌های آبیاری فشرده احتمالاً مزایای سیستم‌های تک‌کشتی را تقویت می‌کنند (Akbari et al., 2020). Singh (۲۰۲۲) هم‌خوانی دارد که اشاره کرده بود

خاک‌های مدیریت نشده در مناطق خشک مستعد شوری زایی و کاهش مواد مغذی هستند (Tilman et al., 2002). این پژوهش با تعیین کشاورزی تک‌کشتی به عنوان بهترین روش، درک بهتری از تأثیرات کاربری زمین در مناطق خشک و نیمه خشک ارائه می‌دهد. هرچند با توجه به محدودیت آب، اولویت با روش‌های دانش بومی برای توسعه کشت و مهار بیابان‌زایی است. نتایج نشان می‌دهند که آبیاری هدفمند و انتخاب مناسب محصولات می‌تواند کیفیت خاک را به طور چشمگیری بهبود بخشد و به بحث‌های گسترده‌تر درباره کشاورزی پایدار کمک کند (Bakhshandeh et al., 2019).

با وجود دستیابی به نتایج دقیق و مشخص، چندین محدودیت باید مورد توجه قرار گیرد. تمرکز مطالعه بر یک منطقه واحد، دشت سراوان، تعمیم‌پذیری نتایج به سایر محیط‌های خشک با شرایط اقلیمی یا خاکی متفاوت را محدود می‌کند (Safaei et al., 2019). علاوه بر این، فقدان جمع‌آوری داده‌های بلندمدت، شناخت در مورد تغییرات زمانی ویژگی‌های خاک را که برای ارزیابی پایداری شیوه‌های کاربری زمین حیاتی است، محدود می‌کند (Naorem & Machiwal, 2023; Lal, 2024). روش نمونه برداری هدفمند، اگرچه نشان‌دهنده ویژگی‌های محل بوده، اما ممکن است سوگیری انتخاب را به همراه داشته باشد و به طور بالقوه ناهمگونی فضایی درون انواع کاربری زمین را در نظر نگیرد (Dregne, 2002). در تحقیقات آتی می‌توان این محدودیت‌ها را با گردآوری داده‌های چندساله برای ثبت دینامیک‌های زمانی و گسترش مطالعه به سایر مناطق خشک برای بررسی قابلیت استفاده گسترده‌تر یافته‌ها، برطرف نمود (Mashizi et al., 2019). همچنین، یکپارچه‌سازی فناوری‌های سنجش از دور می‌تواند دقت نقشه برداری خاک را افزایش داده و ارزیابی جامع‌تری از الگوهای تخریب ارائه دهد (Maleki et al., 2021).

نتیجه‌گیری کلی

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر انواع کاربری زمین بر شاخص‌های کیفیت و تخریب خاک در شرایط اقلیمی خشک دشت سراوان انجام شد. نتایج نشان داد که نوع مدیریت کاربری زمین نقش تعیین‌کننده‌ای در وضعیت عوامل اصلاحی و تخریبی خاک دارد و تفاوت‌های مشاهده شده میان کاربری‌ها صرفاً ناشی از ماهیت کشاورزی یا طبیعی بودن آن‌ها نیست، بلکه به شدت تحت تأثیر سطح و نوع مدیریت اعمال شده قرار دارد. مقایسه کاربری‌های کشاورزی مدیریت شده با مرتع طبیعی، به منظور ارزیابی تأثیر مدیریت بر پتانسیل ذاتی خاک منطقه انجام شد. نتایج نشان داد که اراضی تک‌کشتی و چندکشتی آبی، به دلیل دریافت آب و نهاده‌های غذایی، دارای سطوح بالاتری از ماده آلی، نیتروژن و برخی ریزمغذی‌ها نسبت به مرتع بودند. در مقابل، اراضی مرتعی مورد مطالعه، که به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شدند، پایین‌ترین مقادیر عوامل اصلاحی و بالاترین مقادیر عوامل تخریبی را در هر دو لایه سطحی و زیرسطحی نشان دادند. این وضعیت بیانگر آن است که مراتع منطقه، حداقل در شرایط فعلی، نمایانگر پتانسیل ذاتی تضعیف شده خاک بوده و تحت تأثیر فشارهای محیطی و مدیریتی قرار دارند. بر اساس شاخص‌های اندازه‌گیری شده، تخریب مراتع منطقه از طریق کاهش ماده آلی و عناصر غذایی و افزایش برخی عوامل تخریبی قابل تشخیص بود که می‌تواند ناشی از عواملی نظیر چرای بی‌رویه، محدودیت شدید بارندگی و تشدید تنش‌های اقلیمی باشد؛ بنابراین، تفاوت مشاهده شده بین کاربری‌های کشاورزی و مرتع را باید در چارچوب تخریب تدریجی مراتع منطقه و نه برتری ذاتی کشاورزی بر اکوسیستم طبیعی تفسیر کرد. اگرچه اراضی تک‌کشتی آبی در این مطالعه بالاترین امتیاز بهبود خاک را کسب کردند، اما این یافته به معنای توصیه کلی و بدون قید به گسترش این سیستم‌ها نیست.

با توجه به محدودیت منابع آب در منطقه، افت سطح و کاهش کیفیت آب‌های زیرزمینی و تشدید تغییرات

به وضعیت فعلی مراتع تخریب‌یافته بهبود بخشد. هم‌زمان، احیای مراتع و کاهش فشارهای تخریبی بر آن‌ها باید به‌عنوان یک اولویت مدیریتی مستقل مورد توجه قرار گیرد. انجام مطالعات بلندمدت، بررسی هم‌زمان ابعاد اقتصادی-اجتماعی و ارزیابی پایداری منابع آب، برای تصمیم‌گیری‌های اجرایی آینده ضروری است.

اقلیمی، هرگونه توسعه یا تداوم سیستم‌های کشاورزی مدیریت‌شده باید با احتیاط و صرفاً در چارچوب بهره‌گیری از روش‌های کم‌آب، افزایش کارایی آبیاری و مدیریت دقیق تغذیه خاک صورت گیرد. در مجموع، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که در شرایط فعلی دشت سراوان، مدیریت اصولی خاک و آب می‌تواند حتی در سیستم‌های کشاورزی، کیفیت خاک را نسبت

References

- Abdullahi, M. B., Elnaggar, A. A., Omar, M. M., Murtala, A., Lawal, M., & Mosa, A. A. (2023). Land degradation, causes, implications and sustainable management in arid and semi arid regions: A case study of Egypt. *Egyptian Journal of Soil Science*, 63(4), 659-676. <https://doi.org/10.21608/ejss.2023.230986.1647>
- Akbari, M., Shalamzari, M. J., Memarian, H., & Gholami, A. (2020). Monitoring desertification processes using ecological indicators and providing management programs in arid regions of Iran. *Ecological Indicators*, 111, 106011. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.106011>
- Arrúe, J. L., Álvaro-Fuentes, J., Plaza-Bonilla, D., Villegas, D., & Cantero-Martínez, C. (2019). Managing drylands for sustainable agriculture. In *Innovations in Sustainable Agriculture* (pp. 529-556). Cham: Springer International Publishing.
- Bakhshandeh, E., Hossieni, M., Zeraatpisheh, M., & Francaviglia, R. (2019). Land use change effects on soil quality and biological fertility: A case study in northern Iran. *European Journal of Soil Biology*, 95, 103119. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2019.103119>
- Balota, E. L., Colozzi Filho, A., Andrade, D. S., & Dick, R. P. (2004). Long-term tillage and crop rotation effects on microbial biomass and C and N mineralization in a Brazilian Oxisol. *Soil and Tillage Research*, 77(2), 137-145. <https://doi.org/10.1016/j.still.2003.12.003>
- Clesceri L. S., Greenberg A. E., & Eaton A. D. (1998). Standard methods for the examination of water and wastewater, *American Public Health Association*. Washington, DC. 1998:4-415.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage publications.
- Dregne, H. E. (2002). Land degradation in the drylands. *Arid Land Research and Management*, 16(2), 99-132. <https://doi.org/10.1080/153249802317304422>
- Emami, N. S., Chavoshi, E., Ayoubi, S., Honarjoo, N., & Zeraatpisheh, M. (2024). Comprehensive assessment of soil quality in various land uses: a comparative analysis of soil quality index models. *Environmental Earth Sciences*, 83(17), 498. <https://doi.org/10.1007/s12665-024-11789-7>
- FAO. (1984). *Guidelines: land evaluation for rainfed agriculture*. FAO.
- Follett, R., & Stewart, B. A. (1985). Soil erosion and crop productivity. *American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Madison*.
- General Directorate of Natural Resources and Watershed Management of Sistan and Baluchestan Province. (2015). *Detailed-executive studies of the Saravan Plain watershed*. (In Persian)
- Helmke, P. A., & Sparks, D. L. (1996). Lithium, sodium, potassium, cesium, and rubidium. In: Sparks, D. L. (ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 3 Chemical Methods*, 5, 551-574.
- Iran Meteorological Organization. (2025). *Long-term climatic data of Saravan synoptic station (1995–2024 period)*. Archive of the National Center for Climatology and Drought Crisis Management. (In Persian)

- Kjeldahl, J. (1883). A New method for the determination of nitrogen in organic matter. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 22, 366-382.
- Lal, R. (2009). Soil degradation as a reason for inadequate human nutrition. *Food Security*, 1(1), 45-57. <https://doi.org/10.1007/s12571-009-0009-z>
- Lal, R. (2016). Soil health and carbon management. *Food and Energy Security*, 5(4), 212-222. <https://doi.org/10.1002/fes3.96>
- Lal, R. (Ed.). (2024). *Managing Soil Drought*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b23132>
- Lal, R. A. T. T. A. N. (2001). Soil degradation by erosion. *Land Degradation & Development*, 12(6), 519-539. <https://doi.org/10.1002/ldr.472>
- Lindsay, W. L., & Norvell, W. A. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42(3), 421-428. <https://doi.org/10.2136/sssaj1978.03615995004200030009x>
- Lobell, D. B. (2010). Remote sensing of soil degradation: introduction. *Journal of Environmental Quality*, 39(1), 1-4. <https://doi.org/10.2134/jeq2009.0326>
- Maleki, S., Karimi, A., Zeraatpisheh, M., Poozeshi, R., & Feizi, H. (2021). Long-term cultivation effects on soil properties variations in different landforms in an arid region of eastern Iran. *Catena*, 206(11), 105465. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105465>
- Mashizi, A. K., Heshmati, G. A., Mahini, A. R. S., & Escobedo, F. J. (2019). Exploring management objectives and ecosystem service trade-offs in a semi-arid rangeland basin in southeast Iran. *Ecological Indicators*, 98, 794-803. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.11.065>
- Mesgaran, M. B., Madani, K., Hashemi, H., & Azadi, P. (2017). Iran's land suitability for agriculture. *Scientific Reports*, 7(1), 7670. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-08066-y>
- Naorem, A., & Machiwal, D. (2023). *Enhancing resilience of dryland agriculture under changing climate*. Singapore: Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-7916-2_20
- National Cartographic Center of Iran. (2006). *Topographic map, 1:250,000 scale, Saravan sheet*. Tehran, Iran. (In Persian)
- Netthisinghe, A. M., Galloway, H. O., Agga, G. E., Gunter, P. A., & Sistani, K. R. (2023). Effects of cropping systems on soil physicochemical properties and abundances and spatial distributions of nitrogen-cycling bacteria. *Agronomy*, 13(6), 1461. <https://doi.org/10.3390/agronomy13061461>
- Nouraein, M., Skataric, G., Spalevic, V., Dudic, B., & Gregus, M. (2019). Short-term effects of tillage intensity and fertilization on sunflower yield, achene quality, and soil physicochemical properties under semi-arid conditions. *Applied Sciences*, 9(24), 5482. <https://doi.org/10.3390/app9245482>
- Oldeman, L. R., Hakkeling, R. T. A., & Sombroek, W. G. (1991). World map of the status of human-induced soil degradation: an explanatory note, 2nd. rev.
- Olsen, S. R. (1954). *Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate* (No. 939). US Department of Agriculture.
- Puigserver, D., Giménez, J., Gràcia, F., Granell, À., Carmona, J. M., Torrandell, A., & Fornós, J. J. (2024). Effects of global and climate change on the freshwater-seawater interface movement in a Mediterranean karst aquifer of Mallorca Island. *Science of the Total Environment*, 912, 169246. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169246>
- Richards, L. A. (1954). *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. USDA Handbook No. 60. U.S. Department of Agriculture, Washington, DC.
- Sadeghi, S. H., & Hazbavi, Z. (2022). Land degradation in Iran. In *Global degradation of soil and water resources: regional assessment and strategies* (pp. 287-314). Singapore: Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-7916-2_20
- Safaei, M., Bashari, H., Mosaddeghi, M. R., & Jafari, R. (2019). Assessing the impacts of land use and land cover changes on soil

- functions using landscape function analysis and soil quality indicators in semi-arid natural ecosystems. *Catena*, 177, 260-271. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.02.021>
- Singh, A. (2022). Soil salinity: A global threat to sustainable development. *Soil Use and Management*, 38(1), 39-67. <https://doi.org/10.1111/sum.12772>
- Staff, S.L.U.S. (1954). PH reading of saturated soil paste. In: Richards L.A. (ed.) *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils USDA Agricultural Handbook*, 60, 102.
- Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., & Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418(6898), 671-677.
- <https://doi.org/10.1038/nature01014>
- USDA, N. R. C. S. (2004). Soil survey laboratory methods manual. *Soil Survey Investigations Report*, 42.
- Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37(1), 29-38.
- Zehtabian, G. R., Amiri, B., & Souri, M. (2005). The comparison of soil nutrients among agricultural lands and range lands with emphasis on N- P- K (Case study: Khodabandeh, Zanjan). *Pajouhesh -Va- Sazandegi in Agriculture and Horticulture*, 18(3), 9-19. (In Persian)