



Genesis and Evolution of Soils along Different Geomorphic Surfaces in Zahmatkeshan area of Kerman

Mohammad Rezaei Hosseinabad¹ | Mohammad Hady Farpoor² | Sahar Taghdis³

1. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman. Email: Mohamadrezaei3841@gmail.com

2. Corresponding author, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman. Email: farpoor@uk.ac.ir

3. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman. Email: staghdis@agr.uk.ac.ir

Article Info

Article type: Research Article

Article history:

Received: July. 8, 2024

Revised: Oct. 8, 2024

Accepted: Oct. 20, 2024

Published online: Feb. 2025

Keywords:

Clay Mineralogy,
Lenticular Gypsum,
Micromorphology,
Soil Classification,
South Eastern Central Iran.

ABSTRACT

Considering the importance of soils related to feeding the growing population of the world, it is necessary to know as much properties of soils as possible. The main objective of this study was to know how the soils formed and evolved in the Zahmatkeshan area of Kerman Province by examining the physical and chemical characteristics, clay mineralogy, and micromorphological properties of soils. Seven representative pedons (out of 16 described profiles) on different geomorphic positions, including rock pediment (one pedon), alluvial fan (three pedons), piedmont plain (one pedon), and playa (two pedons), were selected. Routine physicochemical analyses, clay mineralogy and micromorphology investigations performed on 37 soil samples. The results showed that soil salinity ($0.9\text{--}333\text{ dS m}^{-1}$) and clay percentage (3-46%) increased from rock pediment and alluvial fan toward the center of playa. Soils of the area were classified as Aridisols and Entisols according to Soil Taxonomy and Gypsisols, Cambisols, Solonchacks, Calcisols, and Regosols using WRB classification system. Smectite, illite, chlorite, palygorskite, and kaolinite clay minerals were investigated. Illite and chlorite were dominant in upper geomorphic surfaces, but smectite was dominant in playa, probably due to the transformation of palygorskite to smectite induced by high humidity of this geomorphic position. Micromorphological observations indicated the presence of gypsum and salt pedofeatures in the forms of coatings, infillings, lenticular crystals, interlocked plates of gypsum, and salt coatings. Results of the study showed that relief was the most important factor affecting soil genesis and evolution in Zahmatkeshan area.

Cite this article: Rezaei Hosseinabad, M., Farpoor, M. H., & Taghdis, S. (2025) Genesis and Evolution of Soils along Different Geomorphic Surfaces in Zahmatkeshan area of Kerman, *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 55 (12), 2275-2288. <https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.379053.669750>

© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.379053.669750>





EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Considering the importance of soils related to feeding the growing population of the world, it is necessary to know all the properties of soils, including morphological, physicochemical, mineralogical, and biological characteristics. Soils are highly dependent on geomorphic position, and soil formation processes are better understood if geomorphological concepts are taken into account in soil genesis and classification studies. The main objective of this study was to know how the soils were formed and evolved in the Zahmatkeshan area of Kerman Province by examining the physical and chemical characteristics, clay mineralogy, and micromorphology of soils. Comparing Soil Taxonomy and WRB systems to classify soils of the area was another aim of the present research.

Materials and Methods

The study area was located 35 km northwest of Kerman city. The mean annual temperature is 15.7 °C, and the mean maximum and minimum temperatures are 24.7 and 6.7 °C, respectively. The average annual rainfall is 149.1 mm. The Soil temperature and moisture regimes of the study area are mesic and aridic, respectively. Seven representative pedons on different geomorphic positions, including rock pediment (1 pedon), alluvial fan (3 pedons), piedmont plain (1 pedon), and playa (2 pedons), were selected. Routine physicochemical analyses were performed on 37 samples. Selected samples were used for clay mineralogy. Handpicked undisturbed samples were also collected and prepared for micromorphological observations. Geology of the area consists of limestone, conglomerate, and alluvium.

Results and Discussion

Electrical conductivity (EC from 1.7 to 14.4 dSm⁻¹) and sodium adsorption ratio (SAR from 2.3 to 9.7) contents were low in rock pediment. A coarse textured soil was found in this geomorphic position. On the other hand, SAR content increased (from 16 to 70) in piedmont plain (pedon 3) compared to rock pediment and alluvial fan positions. Meanwhile, the textural classes of silty clay loam and clay were investigated at playa geomorphic surface, which are finer compared to the upper geomorphic positions. Soils of playa were more developed and deeper compared to other surfaces. Undeveloped soils of rock pediment were similar to parent material from clay mineralogy point of view. Quartz, feldspars, illite, and chlorite were found in the Bk horizon of pedon 1. The amount of illite and chlorite minerals increased in Byzn1 and Byzn2 horizons of pedon four on playa geomorphic position and feldspars were also investigated in Byzn2 horizon. The amounts of illite, chlorite, and feldspar minerals in playa decreased compared to the rock pediment, but the amount of smectite showed an opposite trend. Since these soils are derived from the Upper Marl Formations, which often contain quartz, it could be concluded that the quartz in the soil is mainly inherited from the parent material. Thin section studies of the soil in the C1 horizon of pedon two at the alluvial fan position clearly indicate the alteration of the margins of limestone and the beginning of the decalcification process around these particles.

The gypsum crystals in the related images were microcrystals and large anhedral crystals. Thin sections of Az and Byzn1 horizons, pedon five on the surface of the playa show the surface accumulation of halite in the form of coatings and cementing compounds of anhydrous crystals on Az horizon and the fillings and interlocked plates of gypsum in Byzn1 horizon. Soils of the area were classified as Typic Calcigypsis, Sodic Haplocambids, Sodic Haplocalcids, Gypsic Haplosalids, and Typic Torriorthents sub groups according to Soil Taxonomy and as Skeletic Epicalcic Gypsisols (Pantoloamic), Calcaric Gypsic Pantosodic Cambisols (Anoloamic, Endosiltic), Haplic Calcisols (Hypocalcic, Epiloamic, Raptic) Over Calcic Gypsisols (Arenic), Epigypsic Episodic Epipetrosalic Solonchaks (Pantoloamic), Katogypsic Pantosodic Solonchaks (Calcaric, Pantoloamic, Puffic), Katogypsic Pantosodic Solonchaks (Amphiclayic, Calcaric, Epiloamic, Puffic), and Calcaric Regosols (Katoarenic) reference soil groups using WRB classification system. Results of the study showed that using different qualifiers, the WRB system was more capable of reflecting soil characteristics compared to Soil Taxonomy.

Conclusion

Smectite, illite, chlorite, palygorskite, and kaolinite clay minerals were investigated. Authigenic and transformed (from palygorskite, illite, and chlorite) origins for smectite were observed. Illite, chlorite, and kaolinite were inherited in soils under study. Palygorskite crystals seem to be preserved around calcium carbonates due to the aridity of the area at mantled pediment geomorphic position. Coating and infillings of gypsum together with lenticular and interlocked plates and halite coatings were among dominant pedofeatures observed in soils of the area. Salt coatings were attributed to the fine texture and water table evaporation at playa geomorphic surface. The results obtained from this study indicate that topography plays the most important role compared to the other four soil-forming factors. A close relationship between geomorphic position and soil formation and development in the area was found. Soils on different geomorphic surfaces showed various characteristics and were classified appropriately.

Author Contributions

All authors contributed equally to the conceptualization of the article and writing of the original and subsequent drafts.

Data Availability Statement

All data are included in the manuscript.

Acknowledgements

The authors would like to thank the Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar Univ. of Kerman for lab facilities and field work. The authors would also like to express their special thanks to the reviewers whose comments and suggestions improved the manuscript.

Ethical considerations

The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

تشکیل و تکامل خاک‌های واقع بر سطوح مختلف ژئومورفیک در منطقه زحمتکشان کرمان

محمد رضایی حسین‌آباد^۱ | محمدهادی فرپور^۲ | سحر طاق‌دیس^۳۱. گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهیدباهنر کرمان. رایانامه: Mohamadrezai3841@gmail.com۲. نویسنده مسئول، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهیدباهنر کرمان. رایانامه: farpoor@uk.ac.ir۳. گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهیدباهنر کرمان. رایانامه: staghdis@agr.uk.ac.ir

چکیده

اطلاعات مقاله

برای افزایش بهره‌وری از خاک، آگاهی از ویژگی‌های مختلف آن ضروری می‌باشد. هدف این مطالعه بررسی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، کانی‌شناسی رس و میکرومورفولوژی خاک‌های منطقه زحمتکشان استان کرمان و نیز نحوه تشکیل و تکامل خاک‌ها در ارتباط با سطوح مختلف ژئومورفیک در منطقه بوده است. تعداد هفت خاکرخ شاهد از میان ۱۶ خاکرخ حفر شده بر روی سطوح مختلف ژئومورفیک شامل (دشت سر سنگی (۱ خاکرخ)، مخروط افکنه (۳ خاکرخ)، پلایا (۲ خاکرخ) و دشت دامنه‌ای (۱ خاکرخ)) انتخاب، نمونه برداری و تشریح شدند. تعداد ۳۷ نمونه خاک تحت آنالیزهای آزمایشگاهی، کانی‌شناسی رس و میکرومورفولوژی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که از واحد دشت سر سنگی و مخروط افکنه به سمت پلایا، بافت خاک سنگین‌تر و میزان رس از ۳ درصد به ۴۶ درصد و هدایت الکتریکی خاک از ۰/۹ دسی‌زیمنس بر متر به ۳۳۳ دسی‌زیمنس بر متر افزایش یافته است. نتایج رده‌بندی خاک‌ها براساس سیستم رده‌بندی آمریکایی نشان‌دهنده دو رده آریدی‌سولز و انتی‌سولز و براساس سیستم طبقه‌بندی جهانی نشان‌دهنده پنج گروه مرجع جیبسی‌سولز، کمی‌سولز، سولونچاکز، کلسی‌سولز و رگوسولز می‌باشد. نتایج کانی‌شناسی رس، حضور کانی‌های ایلیت، کلریت، اسمکتیت، کائولینیت و پالیگورسکیت را نشان می‌دهد. ایلیت و کلریت کانی‌های غالب در سطوح ژئومورفیک بالادست و کانی اسمکتیت احتمالاً به دلیل تغییر شکل پالیگورسکیت به اسمکتیت در اثر رطوبت بالا در سطح ژئومورفیک پلایا غالب می‌باشد. مطالعات میکرومورفولوژیکی نشان‌دهنده انواع عوارض خاکساخت گچ و نمک شامل پوشش، پرشدگی، اشکال عدسی شکل و صفحات درهم تنیده گچ و پوشش‌های نمک است. نتایج این مطالعه حاکی از تاثیر پستی و بلندی به عنوان مهمترین عامل در تشکیل و تکامل خاک‌های منطقه زحمتکشان می‌باشد.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۴/۱۸

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۷/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۷/۲۹

تاریخ انتشار: اسفند ۱۴۰۳

واژه‌های کلیدی:

جنوب شرقی ایران مرکزی، رده‌بندی خاک، کانی‌شناسی رس، گچ عدسی، میکرومورفولوژی.

استناد: رضایی حسین‌آباد؛ محمد، فرپور؛ محمدهادی، طاق‌دیس؛ سحر، (۱۴۰۳) تشکیل و تکامل خاک‌های واقع بر سطوح مختلف ژئومورفیک در منطقه زحمتکشان کرمان،

مجله تحقیقات آب و خاک ایران، ۵۵ (۱۲)، ۲۲۷۵-۲۲۸۸. <https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.379053.669750>

© نویسندگان.

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.379053.669750>

مقدمه

بدون شک می‌توان گفت که خاک، یکی از منابع طبیعی مهم و شاید مهمترین زیر بنای تمدن هر کشوری است. خاک‌ها دائماً در حال تغییر و تحول هستند و به تدریج به خاک‌های با ویژگی‌های فیزیکیوشیمیایی و کانی‌شناسی متفاوتی تبدیل می‌شوند. تشکیل خاک، تابعی از مواد مادری، اقلیم، پوشش گیاهی، زمان، توپوگرافی و انسان است (IUSS Working Group WRB, 2022; Bockheim et al., 2014). خاک‌های مختلف تحت تأثیر عوامل متفاوت محیطی و طی فرآیندهای مختلف تشکیل، توسعه و تکامل می‌یابند (Jenny, 2011). سطوح ژئومورفیک بخشی از زمین‌نما هستند که به صورت اختصاصی در مکان و زمان با مرزهای جغرافیایی مشخص تعریف شده‌اند که دارای انواعی نظیر دشت سر سنگی، دشت سر پوشیده، مخروط‌افکنه، تراس بالایی و غیره می‌باشند (Goudie, 2004). تشکیل و تکامل خاک‌ها به موقعیت ژئومورفیک بسیار وابسته می‌باشد و اگر در بررسی تشکیل و طبقه‌بندی زمین‌نما مفاهیم ژئومورفولوژی لحاظ شود، فرآیندهای تشکیل خاک بهتر درک می‌شوند (Graham and Boul, 1990).

مطالعات کانی‌شناسی رس یکی از تکنیک‌های مهم در فهم چگونگی تشکیل و تکامل خاک می‌باشد (Bohlert et al., 2011). Moazallahi Farpoor, (2012) در مطالعه‌ای که بر روی خاک‌های یک ردیف پستی و بلندی که در منطقه جنوب غرب کرمان انجام دادند، کانی‌های کلریت، ایلیت، پالیگورسکیت، اسمکتیت، کانی‌های مخلوط و کائولینیت را جزء کانی‌های رسی غالب در خاک‌های مورد مطالعه گزارش کردند، همچنین ابراز داشتند که به دلیل عدم وجود شرایط لازم برای تشکیل کائولینیت، این کانی به ارث رسیده از مواد مادری بوده است. سنجرى و همکاران (۱۳۹۰) در مطالعه کانی‌شناسی رسی خاک‌های منطقه جیرفت، وجود کانی‌های کلریت، ایلیت، پالیگورسکیت، اسمکتیت و کائولینیت را گزارش کردند. آن‌ها بیان کردند که با حرکت به طرف دشت آبرفتی، به علت بالا بودن سطح آب زیرزمینی، از پایداری پالیگورسکیت کاسته می‌شود و اسمکتیت، کانی غالب خاک منطقه می‌باشد. منشأ کانی پالیگورسکیت در اشکال اراضی دشت سر پوشیده قدیمی، حد واسط و دشت آبرفتی، به ترتیب، موروثی، خاکساز و آواری گزارش گردید. این محققین همچنین بیان کردند که به دلیل عدم وجود شرایط لازم برای تشکیل کائولینیت، این کانی به ارث رسیده از مواد مادری است. در ضمن منشأ کانی‌های ایلیت و کلریت نیز در خاک‌های منطقه مورد اشاره، موروثی گزارش شده است. از طرفی Sarmast et al., (2017) طی مطالعه خاک‌های جنوب ایران مرکزی واقع در لندفرم‌های مختلف، کانی‌های کلریت، اسمکتیت، ایلیت، پالیگورسکیت و کائولینیت را گزارش کردند. مقبلی و همکاران (۱۳۹۸) طی مطالعه ارتباط خاک و زمین‌نما^۱ در منطقه خشک فاریاب در استان کرمان کانی‌های رسی ایلیت، پالیگورسکیت، کلریت، اسمکتیت، کائولینیت و ورمی‌کولیت را گزارش کردند. آن‌ها بیشترین میزان پالیگورسکیت را در افق‌های تجمعی گچ در واحد تپه و مخروط‌افکنه گزارش کردند و بیان کردند که با حرکت به سمت اراضی پست از میزان آن کاسته و به میزان اسمکتیت افزوده می‌شود.

مطالعات میکروسکوپ نوری در قالب میکرومورفولوژی یکی از تکنیک‌های مهم در شناسایی عوارض خاک‌ساخت می‌باشند که توسط پژوهشگران زیادی به کار برده شده‌اند (Khademi and Mermut, 2003; Gunal and Ransom, 2006; Nadimi and Farpoor, 2013). Kemp et al., (2003) با بررسی میکرومورفولوژیک یک توالی لس-پالتوسول در آرژانتین، توزیع عمقی ریزساختمان، پوشش‌های رس و عوارض خاکساخت کربنات‌های ثانویه را سه نوع از مهم‌ترین ویژگی‌های میکرومورفولوژیک دانستند. کریمی دهکردی و همکاران (۱۳۹۳) در مطالعه میکرومورفولوژی خاک‌های منطقه لردگان استان چهارمحال و بختیاری به این نتیجه رسیدند که حفرات صفحه‌ای، وگ^۲ و حفرات به هم مرتبط بیشترین حفرات این خاک‌ها را تشکیل داده بودند. بی‌فابریک و ریز ساختمان مشاهده شده در تمامی افق‌ها به ترتیب از نوع خرده بلور^۳ و مکعبی بدون زاویه بود و در تمامی افق‌ها پوشش رسی و آهکی مشاهده شد. Sarmast et al., (2019) طی مطالعه میکرومورفولوژی خاک‌های ایران مرکزی در سطوح مختلف ژئومورفیک، عوارض خاکساخت رس (پوشش)، کلسیت (گرهک^۴، پوشش، پوشش در امتداد سطح^۵ و پرشدگی)، آنهایدریت (گرهک)، گچ (عدسی شکل، کرمی شکل و صفحات در هم تنیده) و هالیت (پوشش) را گزارش کردند.

نظر به عدم وجود گزارش خاکشناسی در منطقه زحمتکشان در استان کرمان از یک سو و اهمیت زیاد مطالعات روابط خاک و سطوح زمین‌نما در درک فرآیندهای ژئومورفیکی و خاکسازى از سوی دیگر، باعث شد این منطقه به عنوان منطقه مورد مطالعاتی انتخاب گردد.

1. Landscape
2. Vugh
3. Crystallitic
4. Nodule
5. Quasicoating

لذا تحقیق حاضر به منظور آگاهی از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، کانی‌شناسی رس و میکرومورفولوژی خاک‌های منطقه، و نیز بررسی نحوه تشکیل، تکامل، و رده‌بندی این خاک‌ها براساس دو سیستم رده‌بندی آمریکایی (۲۰۲۲) و سامانه طبقه‌بندی جهانی (۲۰۲۲) صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

مشخصات محدوده مطالعاتی

منطقه زحمتکشان به فاصله‌ی ۳۵ کیلومتری، در شمال غرب شهرستان کرمان، بین عرض‌های جغرافیایی $30^{\circ} 31' 24''$ تا $30^{\circ} 34' 21''$ شمالی و طول‌های جغرافیایی $56^{\circ} 47' 33''$ تا $56^{\circ} 55' 31''$ شرقی قرار دارد که وسعت آن حدود ۸۰ کیلومتر مربع می‌باشد (شکل ۱). میانگین دمای سالانه ۱۵/۷ درجه سانتیگراد بوده و میانگین حداکثر و حداقل دما به ترتیب برابر با ۲۴/۷ و ۶/۷ درجه سانتیگراد است. متوسط سالانه بارندگی برابر با ۱۴۹/۱ میلی‌متر است. رژیم رطوبتی و حرارتی منطقه مورد مطالعه، به ترتیب اریدیک^۱ و ترمیک^۲ می‌باشد (Banaie, 1998).

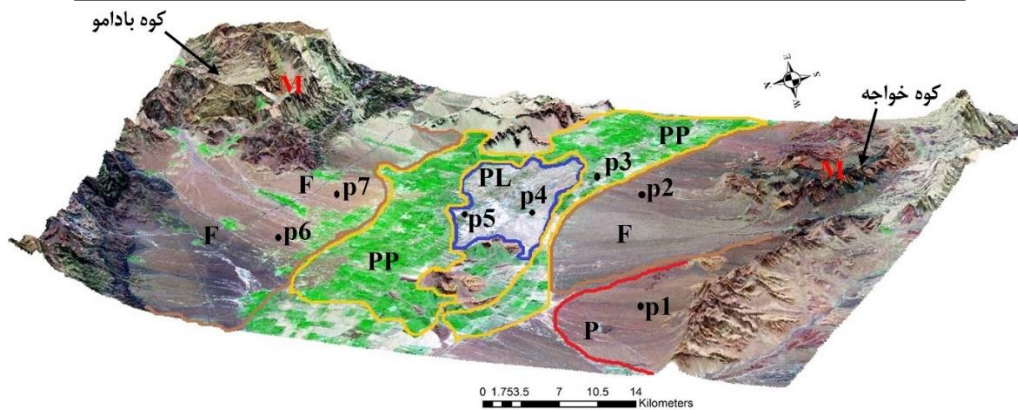
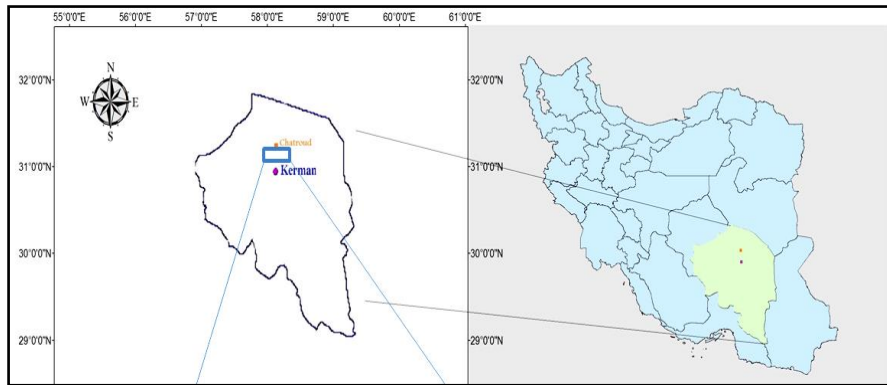
منطقه مورد مطالعه از نظر زمین‌شناسی دارای سنگ آهک، کنگلومرا و پهنه‌های آبرفتی می‌باشد (سازمان جغرافیایی وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح، ۱۳۸۰). در این منطقه با توجه به استفاده از نقشه‌های توپوگرافی (۱/۵۰۰۰)، تصاویر ماهواره‌ای و بررسی‌های صحرائی، اشکال اراضی دشت سر سنگی، مخروط‌افکنه، دشت دامنه‌ای و پلایا شناسایی شد (شکل ۱). مخروط‌افکنه به‌عنوان یک شکل اراضی، دارای سطوح ژئومورفیک پایدار و ناپایدار می‌باشد. منطقه مورد مطالعه عمدتاً از نوع مرتع نسبتاً ضعیف شامل گیاهان بومی شیرین بیان، خارشتر، برخی مناطق گون و در سطوح دشت دامنه‌ای غالباً تحت کشت پسته می‌باشد. همچنین مناطق نزدیک به سطوح پلایا بایر و فاقد پوشش گیاهی هستند. پس از حفر تعداد ۱۶ خاکرخ در سطوح ژئومورفولوژی مختلف در مناطق مطالعاتی مذکور، برای هر سطح یک یا دو خاکرخ شاهد و در جمع ۷ خاکرخ به‌منظور پوشش حداکثری تغییرات خاک (یک خاکرخ بر روی پدیمنت سنگی، سه خاکرخ بر روی مخروط‌افکنه، دو خاکرخ بر روی پلایا، و یک خاکرخ بر روی دشت دامنه‌ای) انتخاب شد (شکل ۱ و ۲). با توجه به کوچک بودن اندازه منطقه مورد بررسی از یک سو، و نیز مطالعات دقیق صحرائی و نقشه‌های زمین‌شناسی از سوی دیگر، مواد مادری، اقلیم و موجودات زنده در خاک‌های منطقه مطالعاتی یکسان بوده و از سوی دیگر خاک‌های قدیمی نیز که موید نقش زمان در تشکیل و تکامل خاک باشند، در منطقه مشاهده نگردید و لذا از میان فاکتورهای خاکسازی موجود، تنها تغییرات پستی و بلندی در تشکیل و تحول خاک‌های منطقه نقش داشته که در طی بخش‌های بعدی به تفصیل مورد بررسی قرار خواهد گرفت. پس از تشریح خاکرخ‌ها، نمونه‌برداری از افق‌های مختلف صورت گرفت (Schoeneberger et al., 2012) و نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال داده شدند.

مطالعات آزمایشگاهی

آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی

نمونه‌های خاک ابتدا هوا خشک، کوبیده و از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شدند. سپس درصد حجمی ذرات درشت (بزرگتر از ۲ میلی‌متر) تعیین گردید. بافت خاک به روش هیدرومتر (Bouyoucos, 1962) اندازه‌گیری شد. pH و قابلیت هدایت الکتریکی به ترتیب در گل و عصاره اشباع خاک با استفاده از دستگاه مدل Jenway اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری گچ از روش ترسیب با استون (Nelson, 1982) استفاده شد. اندازه‌گیری کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون برگشتی (Nelson, 1982) انجام شد. مقدار عددی نسبت جذبی سدیم، با استفاده از مقادیر سدیم، کلسیم و منیزیم محلول ($\text{mmol}^{(+)} \text{I}^{-1}$) و بر اساس معادله (۱) محاسبه شد:

$$\text{SAR} (\text{mmol}^{-1})^{0.5} = \text{Na}^{+} / \sqrt{\left[\frac{(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})}{2} \right]} \quad (\text{رابطه ۱})$$



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه و محل خاکرخ‌ها روی سطوح ژئومورفیک مختلف
 P: دشت سر سنگی، F: مخروط افکنه، PP: دشت دامنه‌ای، PL: پلایا، M: کوه. p: شماره خاکرخ



شکل ۲. نمایی از موقعیت زمین نماهای مورد مطالعه

آزمایش‌های کانی‌شناسی رس

برای تعیین نوع کانی‌های رسی در خاک گام نخست از بین بردن مواد سیمانی‌کننده ذرات است که این مواد شامل کربنات‌ها، مواد آلی و اکسیدهای آهن و منگنز است. برای خروج کربنات‌ها، مواد آلی و اکسیدهای آهن و منگنز از روش (Jackson, 1975) و (and Hope, 1963) Kittrick استفاده گردید. برای تعیین نوع رس از پراش پرتو ایکس استفاده گردید. چهار تیمار برای هر نمونه شامل اشباع با منیزیم، اشباع با منیزیم و اتیلن گلیکول، اشباع با پتاسیم و اشباع با پتاسیم و حرارت ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌ها توسط دستگاه پراش پرتو ایکس مدل Zimens D 5000 با ولتاژ ۳۰ میلی‌ولت و شدت جریان ۳۰ میلی‌آمپر با سرعت اسکن ۰/۰۲ درجه در یک ثانیه مورد آزمایش قرار گرفتند. فلز منبع تولید اشعه ایکس در این دستگاه مس بوده و پراش‌نگاشت‌های اشعه ایکس در زوایای ۲ تا ۴۰ درجه، تهیه گردید.

آزمایش‌های میکرومورفولوژی

به منظور مطالعات میکرومورفولوژی کلوخه‌های مورد نظر پس از هواخشک شدن، توسط رزین سه جزئی شامل رزین (۷۰ میلی‌لیتر)، استایرن (۳۰ میلی‌لیتر)، کبالت (۲ قطره) و اسید استایریک (۵ قطره) به صورت تدریجی اشباع و جهت سخت شدن به مدت ۴ هفته به حال خود رها شدند. پس از سخت شدن، نمونه‌ها توسط دستگاه برش از وسط برش داده شدند و سپس با دستگاه سایش سطح نمونه‌ها کاملاً صاف و صیقلی شد. سطوح صاف شده بر روی لام‌های شیشه‌ای مات شده به وسیله پودر سایش توسط مخلوطی از رزین، چند قطره سخت‌کننده و کاتالیزور چسبانده شد. سپس نمونه‌ها به وسیله دستگاه برش به صورت صفحاتی به ضخامت یک سانتی‌متر بریده و نمونه چسبیده شده به شیشه به کمک دستگاه سایش، به قدری سایش داده شد که به ضخامت ۷۰ تا ۱۰۰ میکرومتر رسیده و سپس با پودرهای کاربرد دوم با درجات مش متوسط و ریز (۴۰۰ تا ۱۰۰۰) ضخامت نمونه‌ها به حدود ۲۵ تا ۳۰ میکرومتر رسانده شدند. نمونه‌ها توسط الکل طبی شستشو و با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان مدل BK-POL بر اساس راهنمای (Stoops (2003 در دو حالت PPL و XPL مورد مطالعه و تفسیر قرار گرفت و از قسمت‌های مورد نظر عکس‌برداری انجام شد.

نتایج و بحث

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی

برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های شاهد در جدول (۱) آورده شده است. خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی به‌ویژه بافت و شوری در سطوح مختلف ژئومورفیک متفاوت می‌باشند. در سطح ژئومورفیک دشت سر سنگی (خاک‌رخ اول)، مقادیر شوری به نسبت کم و در حدود ۱۳ دسی‌زیمنس بر متر است و در مقابل، بافت خاک درشت با مقادیر شن بیشتر از ۵۰ درصد می‌باشد. بلورهای گچ در این سطح ژئومورفیک به دلیل درصد زیاد ذرات درشت و بافت سبک‌تر به شکل آویزه‌های^۱ گچی مشاهده شدند. کربنات کلسیم موجود در افق Bk این واحد به صورت تجمعات پودری دیده می‌شود که با افزایش عمق روند کاهش داشته که به حالیت کم آن مربوط می‌شود. با توجه به رژیم رطوبتی اریدیک و رژیم حرارتی ترمیک و وجود افق‌های کلسیک و جیسیک، این خاک بر اساس سیستم رده‌بندی آمریکایی (۲۰۲۲) به صورت Typic Calcigypsisols و بر اساس کلید WRB (۲۰۲۲) به صورت Skeletic Epicalcic Gypsisols (Pantoloamic) طبقه‌بندی شد (جدول ۱).

در سطح ژئومورفیک مخروط‌افکنه سه خاک‌رخ (خاک‌رخ‌های دوم، ششم و هفتم) حفر گردیده است. خاک‌رخ‌های دوم و ششم در سطح ژئومورفیک پایدار مخروط‌افکنه و خاک‌رخ شماره هفتم در سطح ژئومورفیک ناپایدار مخروط‌افکنه قرار دارد. در سطح ژئومورفیک مخروط‌افکنه ناپایدار، میزان شوری (دامنه ۰/۹ تا ۶/۰ دسی‌زیمنس بر متر) و نسبت جذبی سدیم (دامنه ۳ تا ۱۱/۲) کم است اما بافت خاک در هر سه خاک‌رخ درشت می‌باشد. در خاک‌رخ دوم میزان گچ و کربنات کلسیم با افزایش عمق به‌طور نامنظم تغییر می‌کند. در خاک‌رخ ششم تجمع کربنات کلسیم و گچ مشاهده می‌شود و به علت بافت سبک در این سطح ژئومورفیک، آبشویی از سطح خاک افزایش یافته که منجر به تجمعات گچ با افزایش عمق در افق‌های پایینی شده است. از طرفی در خاک‌رخ هفتم، با توجه به واقع شدن در سطح ناپایدار مخروط‌افکنه و متاثر شدن از فرآیندهای فرسایش و رسوب فاقد تکامل می‌باشد. بنابراین عامل پستی و بلندی در قالب موقعیت ژئومورفیک مانع فعالیت فرآیندهای خاک‌سازی در این خاک‌رخ شده است. طبقه‌بندی برای خاک‌رخ‌های دوم، ششم و هفتم بر اساس سیستم رده‌بندی آمریکایی (۲۰۲۲) به ترتیب بصورت Gypsic Haplosalids, Sodic Haplocalcids, Typic Torriorthents و بر اساس کلید WRB (۲۰۲۲) به ترتیب Solonchaks, Haplic Calcisols Over Calcic Gypsisols و Regosols می‌باشد (جدول ۱).



جدول ۱. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های شاهد

شماره خاک‌خاکی Profile	افق Horizon	عمق Depth (Cm)	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	سنگ‌ریزه Fragment (%)	بافت Textural Class	pH	ECe (dSm ⁻¹)	آهک CCE (%)	گچ Gypsum (%)	SAR (mmol.L ⁻¹) ^{0.5}	رده‌بندی آمریکایی Soil Taxonomy	طبقه‌بندی جهانی WRB	سطح ژئومورفیک Geomorphologic surface
۱	A	۰-۵	۵۱/۶	۳۴/۰	۱۴/۴	۳۴/۰	L	۷/۲	۱/۷۰	۱۱/۵۰	۲/۲۰	۲/۳۵	Typic Calcigypsisols	Skeletal Epicalcic Gypsisols (Pantoloamic)	دشت سرسنگی Rock pediment
	Bk	۵-۳۰	۵۵/۶	۳۳/۰	۱۱/۴	۵۰/۰	SL	۷/۸	۱۳/۴۰	۳۷/۵۰	۵/۷۰	۶/۴۵			
	By1	۳۰-۵۵	۳۳/۶	۳۴/۶	۱۱/۸	۵۰/۰	SCL	۷/۰	۱۳/۴۰	۳۲/۰	۳۶/۷۰	۹/۵۴			
	By2	۵۵-۸۰	۵۷/۶	۱۸/۸	۲۲/۶	۶۰/۰	SL	۷/۲	۱۴/۲۰	۱۵/۵۰	۴۰/۷۰	۹/۶۸			
	Cy	۰-۱۵	۵۵/۰	۱۶/۰	۲۹/۰	۱۹/۵	SCL	۸/۰	۹/۵۵	۱۹/۰	۱/۴۰	۳/۴۶			
۲	Byzm	۱۵-۴۰	۶۶/۰	۲۲/۰	۱۲/۰	۳۳/۵	SL	۷/۸	۹/۷۰	۱۰/۵۰	۳۶/۶	۴۲/۴۸	Gypsic Haplosalids	Epigypsic Epicalcic Epipetrosolic Solonchaks (Pantoloamic)	مخروط افکنه Alluvial fan
	BCz	۴۰-۷۰	۷۷/۰	۱۲/۰	۱۲/۰	۵۱/۰	SL	۷/۸	۲۵/۸۰	۱۸/۵۰	۴/۵۰	۳/۱۸۲			
	C1	۰-۱۰	۱۴/۰	۴۹/۴	۲۶/۶	-	SiCL	۷/۴	۲۶/۰	۱۷/۵۰	۶/۱۰	۵۲/۶۶	Sodic Haplocambids	Calcaric Gypsic Pantosodic Cambisols (Anoloamic, Endosiltic)	دشت دامنه‌ای Piedmont plain
	Bw2	۱۰-۳۵	۱۳/۶	۴۹/۸	۲۶/۶	-	SiCL	۷/۶	۳۴/۵۰	۲۰/۵۰	۱۵/۰	۳۷/۱۲			
۳	Bw3	۳۵-۷۰	۱۹/۲	۵۰/۲	۳۰/۶	-	SiL	۷/۳	۳۷/۸۰	۱۵/۰	۶/۰	۵۰/۳۴			
	C	۰-۱۵	۳۱/۶	۴۳/۰	۲۵/۴	-	L	۷/۶	۹۶/۹۰	۱۲/۰	۴/۱۸۰	۶۷/۲۶	Gypsic Haplosalids	Katogypsic Pantosodic Solonchaks (Calcaric, Pantoloamic, Puffic)	پلایا playa
	Az	۱۵-۴۰	۴۱/۶	۲۷/۰	۳۱/۴	-	CL	۷/۳	۳۳/۰	۱۱/۵۰	۲/۸۳	۲۱۸/۷۰			
۴	Byzn1	۴۰-۹۵	۱۹/۶	۴۹/۰	۳۱/۴	-	CL	۸/۱	۸۳/۰	۱۲/۰	۴۵/۰	۴۴/۱۱			
	Byzn2	۰-۱۵	۳۷/۶	۳۸/۶	۳۳/۸	-	CL	۷/۶	۱۲۰/۰	۲۱/۰	۴۵/۸۰	۱۰۲/۳۳	Katogypsic Pantosodic Solonchaks (Amphiclayic, Calcaric, Epiloamic, Puffic)	پلایا playa	
	Byzn3	۱۵-۴۵	۳۳/۶	۳۸/۰	۳۸/۴	-	C	۷/۸	۶۸/۶۰	۱۰/۰	۴۳/۲۰	۳۶/۴۴			
	Cz	۴۵-۸۰	۱۳/۶	۳۹/۶	۲۶/۸	-	CL	۷/۶	۱۸۸/۰	۱۵/۰	۳۳/۹۰	۱۱۹/۵۴			
	A	۰-۱۵	۶۱/۶	۴۰/۶	۳۷/۸	۲۵/۰	SL	۷/۰	۷/۵۰	۱۷/۰	-	۱۰/۰۶			
۵	A	۰-۱۵	۷۱/۲	۱۲/۴	۱۵/۴	۲۵/۰	SL	۷/۰	۷/۵۰	۱۷/۰	-	۱۰/۰۶			
	Bk	۱۵-۳۰	۶۹/۲	۱۵/۰	۱۵/۸	۱۶/۵	LS	۷/۵	۸/۷۰	۲۰/۵۰	-	۲۶/۱۶			
	2Bk	۳۰-۸۵	۸۹/۲	۲/۰	۸/۸	۴۱/۵	LS	۷/۲	۱۰/۳۰	۱۴/۵۰	-	۲۱/۲۴			
	2Byn1	۸۵-۱۰۰	۷۹/۲	۱۲/۰	۸/۸	۳۲/۰	S	۷/۵	۹/۳۰	۱۶/۵۰	-	۱۶/۰			
	2Byn2	۱۰۰-۱۱۵	۹۱/۲	۳/۰	۵/۸	۱۳/۵	SL	۷/۰	۱۸/۵۰	۲۲/۵۰	۳۳/۹۰	۷/۵۰			
۶	A	۰-۱۵	۷۹/۶	۸/۶	۱۱/۸	۱۰/۰	SL	۸/۴	۱/۶۰	۳۱/۰	-	۱۱/۱۸			
	C1	۱۵-۴۵	۸۵/۶	۱۰/۶	۳/۸	۲۱/۰	LS	۷/۵	۰/۹۰	۲۵/۵۰	-	-			
	C2	۴۵-۹۰	۸۳/۶	۸/۶	۷/۸	۱۹/۵	S	۷/۷	۱/۴۰	۲۵/۵۰	-	۳/۰			

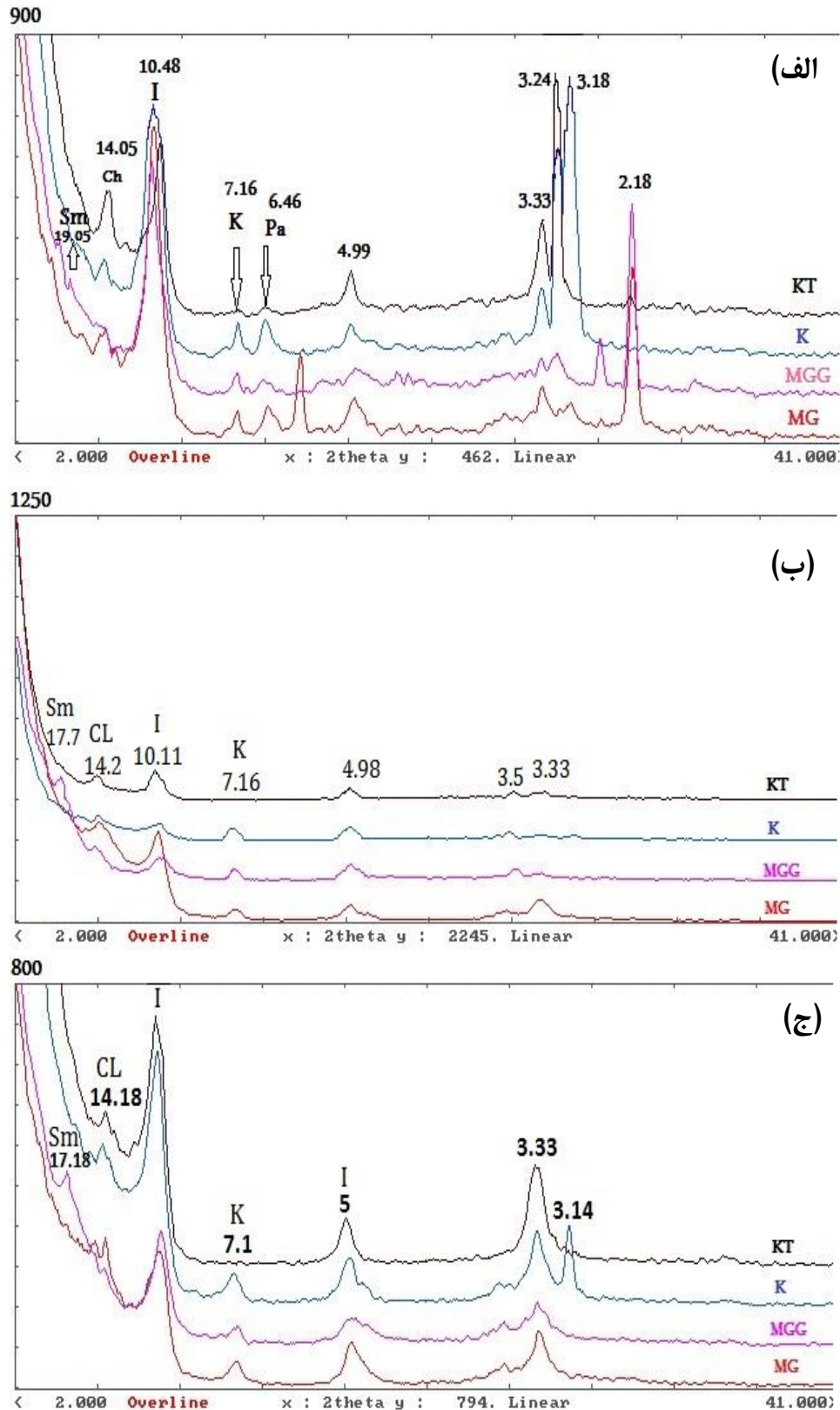
در شکل اراضی دشت‌دامنه‌ای (خاکرخ سوم)، میزان نسبت جذبی سدیم (SAR) در مقایسه با دشت سر سنگی و مخروط‌افکنه، افزایش یافته است. همچنین بافت خاک در این خاکرخ، به نسبت سنگین‌تر از دو شکل اراضی مذکور می‌باشد و میزان سنگریزه در دشت دامنه‌ای به حدود صفر می‌رسد. این خاک بر اساس سیستم رده‌بندی آمریکایی (۲۰۲۲) به صورت Sodic Haplocambids و بر اساس کلید WRB (۲۰۲۲) به صورت Cambisols طبقه‌بندی گردید (جدول ۱).

میزان شوری و نسبت جذبی سدیم در پلایا (خاکرخ‌های چهارم و پنجم) در مقایسه با سایر اشکال اراضی، افزایش چشمگیری داشته است. بافت خاک در واحد پلایا در کلاس‌های Silty clay loam و Clay قرار می‌گیرد که در مقایسه با دشت سر سنگی، مخروط‌افکنه، و دشت‌دامنه‌ای، ریزبافت‌تر شده است. در این خاک‌ها درصد ذرات سیلت و رس نسبت به شن بیشتر است. اگر چه رسوبات درشت‌تر در دوره‌های مرطوب‌تر گذشته به این موقعیت ژئومورفیک رسیده اما در دوره‌های خشک‌تر بعدی، به علت وجود رطوبت کمتر، تنها رسوبات ریز بافت به این موقعیت از شیب رسیده و شکل اراضی پلایا را تشکیل داده است. بر اساس مطالعات صحرایی و آنالیزهای فیزیکی و شیمیایی در این سطح افق‌های جیپسیک و سالیک شناسایی شدند. حضور افق تجمع گچ در نزدیکی سطح به دلیل مقدار زیاد مواد ریزبافت است که عمق شستشو را محدود کرده و منجر به رسوب گچ از محلول خاک فوق اشباع از گچ تحت شرایط تبخیر زیاد در نزدیکی سطح گردیده است. نیستانی و فرپور (۱۳۹۳) بلورهای گچ تشکیل شده در سطوح پلایای سیرجان را به منافذ کوچک با بافت ریز، شوری زیاد و درجه حرارت بالا نسبت دادند. طبقه‌بندی این دو خاک بر اساس سیستم رده‌بندی آمریکایی (۲۰۲۲) به صورت Gypsic Haplosalids و بر اساس کلید WRB (۲۰۲۲) به صورت Katogypsic Pantosodic Solonchaks تعیین شد (جدول ۱).

تغییرات میکرومورفولوژیکی

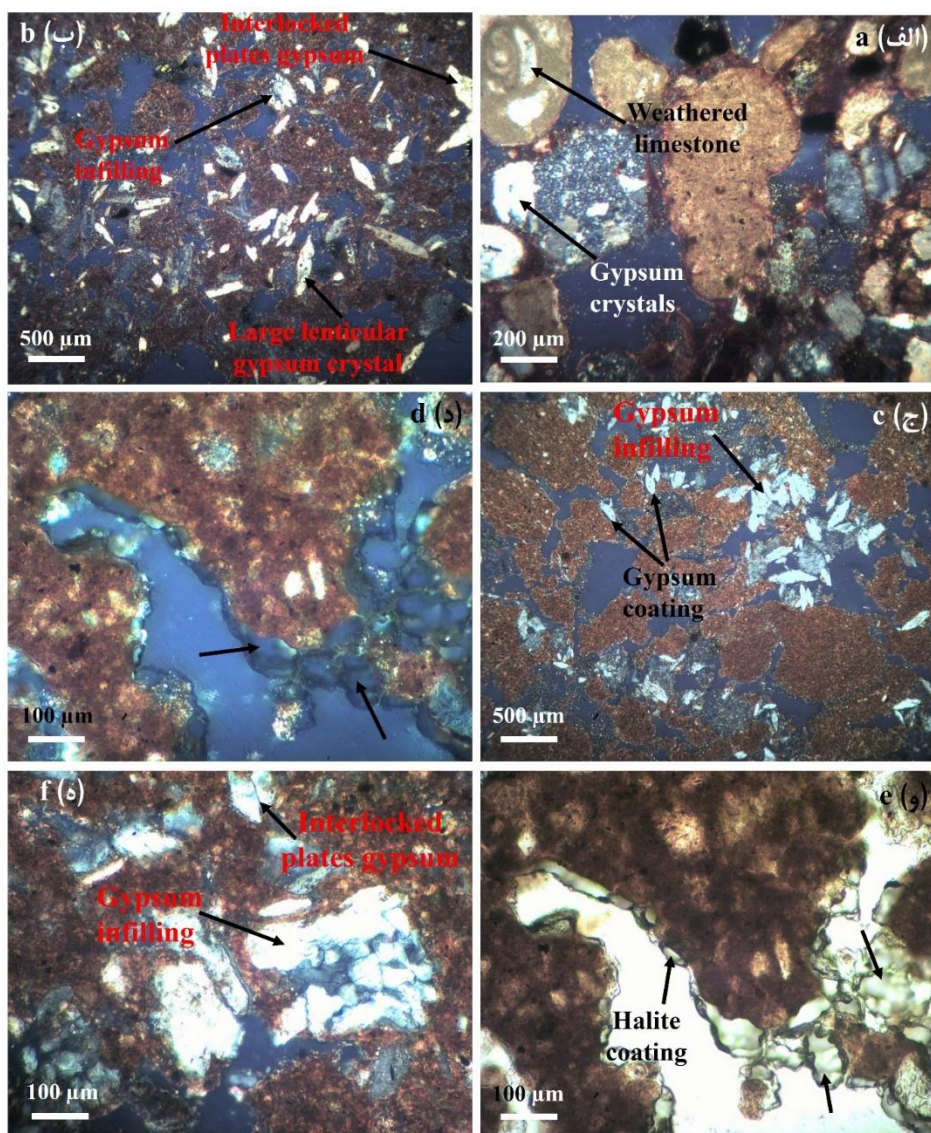
مطالعه مقطع نازک خاک مربوط به افق C1 خاکرخ دوم در شکل اراضی مخروط‌افکنه، نشان‌دهنده وجود هوادیدگی حاشیه سنگ‌های آهکی و شروع فرایند آهک‌زدایی در اطراف این ذرات است (شکل ۴الف). همچنین بلورهای گچ به صورت ریزبلور و درشت بلورهای نیمه شکل دار^۱ دیده شدند (شکل ۴الف). مطالعات مقطع نازک خاک افق‌های Byzn1 و Byzn2 خاکرخ چهارم بر روی شکل اراضی پلایا نشان‌دهنده اشکال عدسی شکل و صفحات در هم تنیده گچ است (شکل ۴ب، ج). هنگامی که بلورهای گچ در حفرات و کانالها رشد می‌نمایند، اگر در قسمتی از کانال از عرض کانال و یا حفره کاسته شود، بلورهای گچ تغییر شکل داده و به صفحات درهم تنیده تبدیل می‌گردند (Owliaie et al., 2006). پرشدگی حفرات توسط بلورهای عدسی شکل گچ کاملاً واضح است که دارای اشکال گوشه دار می‌باشند که می‌تواند دلیلی بر تشکیل در جای گچ باشد. گچ با منشأ خاکساخت به‌طور درجا توسط فرآیندهای خاکزایی تشکیل می‌شود و گچ با منشأ زمین‌ساخت در جای دیگر تشکیل و سپس از طرق مختلف به خاک اضافه می‌شود (Shahid and Abdelfattah, 2009). در خاک‌های ریز بافت واقع در سطوح ژئومورفیک پلایا، ذرات عدسی شکل گچ مشاهده می‌شود. حضور نمک به صورت ترکیبات سیمانی‌کننده و بلورهای نیمه شکل دار نیز در پلایا مشاهده گردید (Mees and Tursina, 2010).

مطالعه مقاطع نازک افق‌های Az و Byzn1 خاکرخ پنجم بر روی سطح پلایا تجمع سطحی هالیت بصورت پوشش‌ها و ترکیبات سیمانی‌کننده بلورهای نیمه شکل دار را در افق Az و پرشدگی‌ها و صفحات درهم تنیده گچ را در افق Byzn1 نشان می‌دهد (شکل ۴د، ه). منبع گچ در محیط‌های پست کنونی را به رسوب آن‌ها طی فرآیندهای کوهزایی و از بین رفتن دریای تیتیس می‌توان نسبت داد که با گرم و خشک‌تر شدن اقلیم، کانی‌های تبخیری و گچ در این مناطق پست رسوب کرده (Khademi and Mermut, 1998; Farpoor and Krouse, 2008) و سپس توسط رواناب به سطوح پلایایی منتقل شده‌اند. بدلیل زیاد بودن کاتیون سدیم حاصل از نمک هالیت، مقدار SAR در این خاکرخ بالاست (جدول ۱). کلرور سدیم همچنین به عنوان یک ناخالصی شرایط مناسبی را برای تشکیل گچ‌های عدسی شکل فراهم می‌کند و در نتیجه انحلال و رسوب مجدد گچ عدسی شکل، صفحات در هم تنیده گچ (شکل ۴ه) تشکیل شده‌اند (Khademi and Mermut, 1998; Farpoor and Moazallahi, 2009). نیز در مطالعات میکرومورفولوژی خاک‌های منطقه لاله‌زار کرمان، عوارض خاکساخت گچ را بصورت عدسی شکل و صفحات درهم تنیده گزارش کردند. در جایی که حرکت آب زیرزمینی به طرف بالا باشد، بدلیل افزایش میزان تبخیر، رشد بلورهای گچ با سرعت بیشتری انجام می‌شود. گزارشات موجود از مطالعات پلایا حاکی از آن است که تجمعات بلورهای مکعبی و کروی در اثر تبخیر آب‌های زیرزمینی در مویرگ‌های خاکی صورت گرفته است (Mees and Tursina, 2010).



شکل ۳. الف) پراش نگاشت‌های رس افق Bk خاکرخ اول، ب) پراش نگاشت‌های رس افق Byzn1 خاکرخ چهارم، ج) پراش نگاشت‌های رس افق Byzn2 خاکرخ چهارم

MGG: اشباع با منیزیم و اتیلن گلیکول، MG: اشباع با منیزیم، K: اشباع با پتاسیم، KT: اشباع با پتاسیم و حرارت ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد، Sm: اسمکتیت، I: ایلیت، Ch: کلریت، K: کائولینیت، Fd: فلدسپار، Q: کوارتز، Pa: پالیکورسکیت



شکل ۴. تصاویر مقاطع نازک: الف) آهک میکریتی در حال هوازدگی و بلورهای ریز و درشت گچ در افق C1 خاکرخ دوم، XPL؛ ب) بلورهای درشت عدسی شکل، پرشدگی و صفحات درهم قفل شده گچ در افق Byzn1 خاکرخ چهارم، XPL؛ ج) پوشش و پرشدگی گچ عدسی شکل افق Byzn2 خاکرخ چهارم، د، و) پوشش‌های نمک در افق Az خاکرخ پنجم، XPL و PPL؛ ه) پرشدگی و صفحات درهم قفل شده گچ در افق Byzn1 خاکرخ پنجم، XPL

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق نشان داد که عمق تشکیل و تکامل بلورهای آهک، گچ، نمک و نیز کلاس بافتی خاک و میزان سنگریزه به شدت تحت تأثیر سطوح ژئومورفولوژی منطقه بوده است. به طوری که در سطوح ژئومورفیک دشت سر سنگی و مخروط افکنه، میزان سنگریزه زیاد، بافت خاک درشت تر و میزان شوری کمتر می‌باشد؛ در حالی که به طرف موقعیت پلایا، روند تغییر خصوصیات ذکر شده برعکس می‌شود و با پیشروی در این سطح بافت خاک سنگین تر و میزان شوری خاک به طور قابل توجهی افزایش نشان می‌دهد. نتایج کانی‌شناسی رس نشان‌دهنده کانی‌های اسمکتیت، ایلیت، کلریت، پالیگورسکیت و کائولینیت می‌باشد. کانی اسمکتیت در خاک‌های منطقه دارای دو منشا درج‌زاد و تغییر شکل یافته از کانی‌های پالیگورسکیت، ایلیت و کلریت می‌باشد. کانی‌های ایلیت، کلریت و کائولینیت دارای منشا توارثی در خاک‌های منطقه می‌باشند. از طرفی به نظر می‌رسد کانی پالیگورسکیت به دلیل خشکی اقلیم در اطراف بلورهای آهک در سطح دشت سر پوشیده حفظ شده است. نتایج مطالعات میکرومرفولوژی، حاکی از وجود عوارض خاکساخت پوشش، پرشدگی، اشکال عدسی شکل و صفحات درهم قفل شده گچ و پوشش نمک می‌باشد. حضور پوشش‌های نمک در موقعیت ژئومورفیک پلایا به بافت ریز خاک و تبخیر آب‌های زیرزمینی توسط مویرگ‌های خاک نسبت داده شد.

نتایج به دست آمده از این تحقیق حاکی از آن است که از بین فاکتورهای خاک‌ساز، پستی و بلندی مهمترین نقش را در این منطقه

ایفا کرده و باعث تغییر در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، رده‌بندی، کانی‌شناسی رس و میکرومورفولوژی خاک‌ها شده است. دلیل نتیجه‌گیری فوق این است که با توجه به کوچک بودن اندازه منطقه مورد بررسی از یک سو، و نیز مطالعات دقیق صحرائی و نقشه‌های زمین‌شناسی از سوی دیگر، مواد مادری، اقلیم و موجودات زنده در خاک‌های منطقه مطالعاتی یکسان بوده و از سوی دیگر خاک‌های قدیمی نیز که موید نقش زمان در تشکیل و تکامل خاک باشند، در منطقه مشاهده نگردیده و لذا از میان فاکتورهای خاکسازی موجود، تنها تغییرات پستی و بلندی در تشکیل و تحول خاک‌های منطقه نقش داشته است. با توجه به وجود اشکال مختلف گچ در برخی از خاک‌های مورد مطالعه، توصیه‌های رایج در مورد اضافه کردن گچ به اراضی تحت کشت پسته در منطقه مورد مطالعه، که متأسفانه گاهی بدون در نظر گرفتن خصوصیات خاک توسط افراد غیر حرفه‌ای و با تخصص غیر خاکشناسی صورت می‌پذیرد، به هیچ‌گونه عنوان دارای هیچ‌گونه منطقی مشخصی نبوده و به طور حتم منجر به نتیجه خاصی در عملکرد نیز نخواهد گردید. لذا پیشنهاد می‌گردد مطالعات خاکشناسی مشابه جهت توصیه‌های مدیریتی در منطقه مورد مطالعه و نیز سایر مناطق صورت پذیرد.

"هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد"

منابع

- سازمان جغرافیایی وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح. (۱۳۸۰). فرهنگ جغرافیایی شهر کرمان. ۳: ۵۳-۶۳.
- سنجری، صالح؛ فرپور، محمدهادی؛ کریمیان اقبال، مصطفی و اسفندیارپور عیسی. (۱۳۹۰). نحوه ی تشکیل، میکرومورفولوژی و کانی‌شناسی رسی خاک‌های واقع بر سطوح ژئومرفیک گوناگون در منطقه ی جیرفت. نشریه آب و خاک. ۲۵(۲)، ۴۱۱-۴۲۵.
- فرپور، محمدهادی؛ کریمیان اقبال، مصطفی و خادمی، حسین. (۱۳۸۲). نحوه تشکیل و میکرومورفولوژی اریدی‌سول‌ها ل گچی و نمکی منطقه نوق رفسنجان در ارتباط با سطوح ژئومورفولوژی. نشریه علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۷(۳)، ۷۱-۹۲.
- کریمی دهکردی، فریده؛ جلالیان، احمد؛ محنت کش، عبدالمحمد و ناصر هنرجو. (۱۳۹۳). اثر موقعیت شیب و تغییر کاربری اراضی بر خصوصیات کانی‌شناسی بخش رس خاک و خصوصیات میکرومورفولوژی خاک در منطقه لردگان استان چهارمحال و بختیاری. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار. ۱(۴)، ۱-۳۲.
- مقبلی، زهرا؛ اولیایی، حمیدرضا؛ سنجری، صالح و ادیمی، ابراهیم. (۱۳۹۸). مطالعه ژنتیکی ارتباط خاک و زمین‌نما در منطقه خشک فاریاب، استان کرمان. نشریه آب و خاک. ۲(۳۲)، ۳۳۳-۳۴۷.
- نیستانی، مهرناز و فرپور، محمدهادی. (۱۳۹۳). بررسی نحوه تشکیل، کانی‌شناسی رس و میکرومورفولوژی خاک‌های گچی-نمکی پلایای خیر آباد سیرجان. نشریه خشک بوم. ۴(۱)، ۶۵-۷۸.

REFERENCES

- Banaei, M.H. (1998). Soil moisture and temperature regimes map of Iran. (1: 2500000). Soil and Water Research Institute of Iran, Tehran.
- Bockheim, J.G., Gennadiyev, A.N., Hartemink, A.E., and Brevik, E.C. (2014). Soil-forming factors and soil taxonomy. *Geoderma*, 226-227: 231-237.
- Bohlert, R., Mirabella, A., Plotze, M., and Egli, M. (2011). Landscape evolution in Val Mulix, eastern Swiss Alps- soil chemical and mineralogical analyses as age proxies. *Catena*, 87 (3), 313-325.
- Bouyoucos, G.J. (1962). Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Agronomy Journal*. 54: 464-465.
- Farpoor, M.H., and Krouse, H.R. (2008). Stable isotope geochemistry of sulfur bearing minerals and clay mineralogy of some soils and sediments in Loot Desert, central Iran. *Geoderma*. 146: 283-290.
- Farpoor, M.H., Eghbal, M.K., and Khademi, H. (2004). Genesis and micromorphology of saline and gypsiferous Aridisols on different geomorphic surfaces in Nough area, Rafsanjan. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*. 7(3): 71-92. (in Persian with English abstract)
- Geographical Organization of the Ministry of Defense and Armed Forces Support. (2003). Geographical culture of Kerman city. 3: 53-63. (in Persian)
- Goudie, A. (2004). *Encyclopedia of Geomorphology* (Vol. 2). Psychology Press.
- Graham, R.C., and Boul, S.W. (1990). Soil-geomorphic relations on the Blue Ridge Front. II. Soil characteristics and pedogenesis. *Soil Science Society of America Journal*. 54:1188-1194.
- Gunal, H., and Ransom, M.D. (2006). Genesis and micromorphology of loess-derived soils from central Kansas. *Catena*, 65 (3), 222-236.

- IUSS Working Group WRB. (2022). World Reference Base for Soil Resources. In International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps, 4th ed.; International Union of Soil Sciences: Vienna, Austria.
- Jackson, M.L. (1975). Soil chemical analysis-advanced course. University of Wisconsin. College of Agric., Dept of Soil Sci., Madison, WI. 894pp.
- Jenny, H. (2011). Factors of Soil Formation-A System of Quantitative Pedology. Dover Inc, New York.
- Karimi Dehkordi, F., Jalalian, A., Mehnatkesh, A.M., and Honarjoo, N. (2014). The effect of land use change on mineralogy and micro-morphological properties of clay soil on Lordegan County- in Chaharmahal and Bakhtiari Province. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*. 4: 1-32. (In Persian with English abstract).
- Kemp, R.A., Tomas, P.S., Sayago, J.M., Debyshire, E., King, M., and Wagner, L. (2003). Micromorphology OSL dating of the basalt part of the loess-paleosol sequence at La Mesuda in Tucuman province, northwest Argentina. *Quaternary International*, 106-107: 111-117.
- Khademi, H., and Mermut, A.R. (1998). Source of palygorskite in gypsiferous Aridisols and associated sediments from central Iran. *Clay Minerals*. 33: 561-578.
- Khademi, H., and Mermut, A.R. (2003). Micromorphology and classification of Argids and associated gypsiferous Aridisols from central Iran. *Catena*, 54 (3), 439-455.
- Khayamim, F., Khademi, H. and Ayoubi, S. (2020). Mapping the Dominant Clay Minerals in the Soils of Isfahan Province and Their Relationship with Climate and Parent Materials. *Journal of Water and Soil Science*. 24(2): 267-285.
- Khormali, F., and Abtahi, A. (2003). Origin and distribution of clay minerals in calcareous arid and semi-arid soils of Fars Province, southern Iran. *Clay Minerals*. 38: 511-527.
- Kittrick, J.A., and Hope, E.W. (1963). A procedure for the particle size separation of soils for X-ray diffraction analysis. *Soil Science*. 96: 312-325.
- Mees, F., and Tursina, T.V. (2010). Salt Minerals in Saline Soils and Salt Crusts. In G. Stoops, V. Marcelino and F. Mees (Eds.), *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths* (pp.441-461). Amsterdam, Netherlands: Elsevier.
- Moazallahi, M., and Farpoor, M.H. (2009). Soil Micromorphology and Genesis along a Climotoposequence in Kerman Province, Central Iran. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 3: 4078- 4084.
- Moazallahi, M., and Farpoor, M.H. (2012). Soil genesis and clay mineralogy along the xeric-aridic climotoposequence, south central Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology, Tarbiat Modarres, Tehran, Iran*. 14: 683-696.
- Moghbali, M., Owliaie, H.R., Sanjari, S. and Adhami, E. (2019). Genetic Study of Soil-Landscape Relationship in Arid Region of Faryab, Kerman Province. *Journal of Water and Soil*, 33(2): 333-347. (in Persian with English abstract)
- Nadimi, M., and Farpoor, M.H. (2013). Genesis and clay mineralogy of soils on different geomorphicsurfaces in Mahan-Joupar area, central Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 6 (3), 825-833.
- Nelson, R.E. (1982). Carbonate and gypsum. p. 181-196. In Page A.L. et al. (ed.) *Methods of Soil Analysis*. Part 2. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
- Neyestani, M. and Farpoor, M.H. (2014). Genesis, clay mineralogy and micromorphology of saline-gypsiferous soils in Kheirabad playa, Sirjan. *Arid Biome Scientific and Research Journal*, 4(1): 65-78. (in Persian with English abstract)
- Owliaie, H.R., Abtahi, A. and Heck, R.J. (2006). Pedogenesis and clay mineralogical investigation of soils formed on gypsiferous and calcareous materials on a transect, Southwestern Iran. *Geoderma*. 134, 62-81.
- Owliaie, H.R., Adhami, E., Najafi Ghiri, N., and Shakeri, S. (2018). Pedological Investigation of a Litho-Toposequencen a Semi-Arid Region of Southwestern Iran. *Eurasian Soil Science*. 51(12): 1-15.
- Sanjari, S., Farpoor, M.H., Eghbal, M.K., and Esfandiarpour, I. (2011). Genesis, micromorphology and clay mineralogy of soils located on different geomorphic surfaces in Jiroft area. *Journal of Water and Soil*. 25: 411-425. (In Persian with English abstract)
- Sarmast, M., Farpoor, M.H., and Esfandiarpour. I. (2017). Soil and desert varnish development as indicators of landform evolution in central Iranian deserts. *Catena*. 149: 98-109.
- Sarmast, M., Farpoor, M.H., Jafari, A., and Esfandiarpour I. (2019). Tracing environmental changes and paleoclimate using the micromorphology of soils and desert varnish in central Iran. *Desert*, 24(2): 331-353.
- Schoeneberger, P.J., Wysocki, D.A., Benham, E.C., and Soil Survey Staff. (2012). Field book for describing



- and sampling soils. Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.
- Shahid, S.B., and Abdelfattah, M.A. (2009). Gypsum polymorphism in the Desert Environments of Abu Dhabi Emirate. *European Journal of Scientific Research*. 29 (2): 237-248.
- Soil Survey Staff Keys to Soil Taxonomy. (2022). 13th ed.; U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service: Washington, DC, USA
- Stoops, G. (2003). Guidelines for the Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.