

Research Article

Agricultural Engineering., 44(2) (2021)227-253  
DOI: 10.22055/AGEN.2021.37840.1611.

ISSN (P): 2588-526X  
ISSN (E): 2588-5944

## Soil alteration related to a landscape with alternating aeolian and alluvial sediments in Davaran region, Rafsanjan

F. Bandehelahi<sup>1</sup>, I. Esfandiarpour-Boroujeni<sup>2\*</sup>, A.R. Karimi<sup>3</sup>, M.H. Farpoor<sup>4</sup>, Z. Mosleh<sup>5</sup> and M. Fattahi<sup>6</sup>

1. Ph.D Student of Soil Science, Department of Soil Sciences, College of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran
2. Associate Professor of Soil Science, Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran
3. Professor of Soil Science, Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
4. Professor of Soil Science, Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
5. Assistant Professor of Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
6. Associate Professor of Earth Physics Department, Institute of Geophysics, University of Tehran, Tehran, Iran

Received: 27 June 2021

Accepted: 24 July 2021

### Abstract

**Introduction:** Landscape represents a large portion of land/terrain that is either formed by a repetition of similar or dissimilar relief/molding types or an association of dissimilar relief/molding types (e.g., valley, piedmont, mountain, etc.). It is usually affected by a set of natural (e.g., climate, organisms, parent material, topography, time, erosion, sedimentation, etc.) and/or artificial (e.g., artifacts) factors. Soil is one of the most important components of landscape that is affected by various factors such as water and wind. Aeolian or alluvial sediments (from seasonal rivers) in arid areas cause the formation of different landforms and change the landscapes in these areas. Therefore, the study of geomorphs in arid regions can lead to a better understanding of geomorphological processes and soil change in these areas. There are various methods, including soil micromorphology and clay mineralogy, to understand the alteration of landscapes and the soils change on them. The aim of this study was to investigate the physical and chemical properties, clay mineralogy and micromorphology of soils in various geomorphic units of Davaran Region, Rafsanjan.

**Materials and Methods:** Seven dominant geomorphic units (geomorphs) of the region, including pediment, margin of fan and cultivated clay flat, alluvial fan, desert pavement, margin of pediment and sand sheet, active drainage, margin of fan and uncultivated clay flat were selected using Google Earth images and field studies. Nineteen pedons were excavated and described in the geomorphic units. After selecting a representative pedon in each of the geomorphs, their genetic horizons were sampled. Besides, in order to conduct soil micromorphology studies, undisturbed and oriented samples were collected from selected horizons. After transferring the samples to the laboratory, their physical and chemical properties were measured using standard methods. In addition, clay mineralogy studies were performed by X-ray diffraction method and



micromorphological studies were done using a petrographic microscope. Finally, soil classification was performed based on both Soil Taxonomy (2014) and WRB (2015) systems.

**Results and Discussion:** Results showed that gypsification and calcification are the dominant soil forming processes in the studied region, which have led to the formation of Gypsic and Calcic horizons. This has placed the soils in the Gypsid and Calcids suborders based on the Soil Taxonomy system and the Gypsisols and Calcisols reference soil groups according to WRB system. The representative pedon in the margin of fan and cultivated clay flat (pedon 2) geoform lacks a salic horizon based on the Soil Taxonomy; while it is in the Solonchak reference soil group of the WRB. Also, the presence of argillic horizon in the representative pedon of the margin of fan and uncultivated clay flat geoform (pedon 7) indicates presence of a more humid paleoclimate in the history of the region. The results of clay mineralogy showed that the predominant minerals in the region include chlorite, illite, kaolinite, and smectite. The illite, chlorite, and kaolinite are inherited from parent materials of the soils, and the smectite has a transformation origin (from palygorskite and illite). Addition of this mineral by aeolian or alluvial sediments could not also be neglected. The micromorphological results indicated that the soil pores were mainly chamber. The presence of carbonates and gypsum in the studied soils has caused that the b-fabric in the most horizons to be Calcitic Gypsic Crystallitic. Gypsum was observed in the form of vermicular, lenticular, interlocked gypsum plates and subhedral shapes. Other pedofeatures in the studied soils include calcite nodule and limestone.

**Conclusion:** The simultaneous presence of aeolian and alluvial sediments in the different geoforms of Davaran region has caused the formation of stratified soils. Existence of dry climate and lack of significant vegetation in the region from one hand, and the addition of different sedimentary layers at different times (which causes soil rejuvenation) on the other hand, has caused that the soils of the region, in general, not to be highly developed. As a result, few differences were observed among soils in different geoforms. Comparing the results of two soil classification systems for the studied soils showed that in general there is a relatively good correlation between them. Totally, the role of climate and parent material in alteration of the studied soils is evident; so that the physical and chemical properties, clay mineralogy and micromorphology of soils in different geoforms have been affected.

**Key words:** *Clay mineralogy, alluvium, aeolian, micromorphology, arid region*

## مطالعه تغییر و تحول خاک در سیمای اراضی دارای تناوب رسوبات بادرفتی و آبرفتی منطقه داوران رفسنجان

فرزانه بنده‌الهی<sup>۱</sup>، عیسی اسفندیارپور بروجنی<sup>۲\*</sup>، علیرضا کریمی<sup>۳</sup>، محمدهادی فرپور<sup>۴</sup>، زهره مصلح<sup>۵</sup>، مرتضی فتاحی<sup>۶</sup>

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر رفسنجان، رفسنجان، ایران

۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر رفسنجان، رفسنجان، ایران

۳- استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۴- استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

۵- استادیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران

۶- دانشیار گروه زلزله‌شناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

### چکیده

هدف از پژوهش حاضر، مطالعه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، کانی‌شناسی رس و میکرومورفولوژی خاک‌های موجود در ژئوفرم‌های گوناگون منطقه داوران رفسنجان بود. هفت ژئوفرم غالب شامل پدیمنت، حدواسط مخروط‌افکنه و پهنه رسی کشت‌شده، مخروط‌افکنه، سنگفرش بیابانی، حدواسط پدیمنت و پهنه شنی، زهکش فعال و حدواسط مخروط‌افکنه و پهنه رسی کشت‌نشده انتخاب شدند. پس از انتخاب یک خاک رخ شاهد در هر کدام از این ژئوفرم‌ها، از افق‌های ژنتیکی آن‌ها نمونه‌برداری شد. به‌علاوه، تعدادی نمونه دست‌نخورده به‌منظور مطالعات میکرومورفولوژی از برخی افق‌ها تهیه شد. ضمن اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه‌ها، مطالعات کانی‌شناسی رس به روش پراش پرتو ایکس و مطالعات میکرومورفولوژی با استفاده از میکروسکوپ پولاریزان انجام گرفت. نتایج نشان داد که تجمع گچ و کربنات‌ها به‌عنوان فرایندهای غالب منطقه می‌باشند که شرایط تشکیل افق‌های ژیسپیک و کلسیک را فراهم آورده‌اند. این موضوع باعث قرارگیری خاک‌رخ‌های مزبور در زیررده‌های ژیسپیدز و کلسیدز بر مبنای سامانه رده‌بندی آمریکایی (۲۰۱۴) و گروه‌های مرجع ژیسپسولز و کلسیسولز براساس سامانه طبقه‌بندی جهانی (۲۰۱۵) شده است. به‌علاوه، حضور افق آرجیلیک در ژئوفرم حدواسط مخروط‌افکنه و پهنه رسی کشت‌نشده، حاکی از مرطوب‌تر بودن اقلیم منطقه در گذشته می‌باشد. نتایج کانی‌شناسی رس نشان داد که کانی‌های غالب در منطقه شامل کلریت، ایلیت، کائولینیت و اسمکتیت می‌باشند که عمدتاً منشأ موروثی دارند. نتایج میکرومورفولوژی نشانگر حضور گچ به‌صورت کرمی‌شکل، عدسی‌شکل، صفحات در هم قفل‌شده و نیمه‌شکل‌دار<sup>۱</sup> بود. همچنین، نادول‌های کلسیت و سنگ آهک در خاک‌ها مشاهده شدند. به‌طور کلی، ارزیابی روابط ژنتیکی موجود بین خاک‌ها و اشکال اراضی منطقه و نیز حضور توأمان رسوبات بادرفتی و آبرفتی در آن، حاکی از نقش عوامل خاک‌ساز اقلیم و ماده مادری در تغییر و تحول خاک‌های منطقه داوران بود.

### تاریخچه مقاله

دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۰۶

پذیرش نهایی: ۱۴۰۰/۰۵/۰۲

### کلمات کلیدی:

کانی‌شناسی رس،

بادرفت،

آبرفت،

میکرومورفولوژی،

منطقه خشک،

\* عهده‌دار مکاتبات

Email: esfandiarpoor@vru.ac.ir

## مقدمه

سیمای اراضی یا زمین‌نما<sup>۱</sup>، بیانگر قسمت وسیعی از سرزمین (ارضی) است که یا از تکرار تیپ‌های مشابه پستی و بلندی شکل گرفته است و یا این که مجموعه‌ای از تیپ‌های پستی و بلندی غیرمشابه را شامل می‌شود (۳۵). سیمای اراضی معمولاً تحت تأثیر مجموعه‌ای از عوامل طبیعی (اقلیم، موجودات زنده، مواد مادری، پستی و بلندی، زمان، فرسایش، رسوب‌گذاری و غیره) و غیرطبیعی (استفاده از اراضی توسط انسان) قرار می‌گیرد. شدت و ضعف هر یک از این عوامل منجر به تشکیل یک شکل اراضی<sup>۲</sup> با خصوصیات متفاوت می‌گردد. یکی از مهم‌ترین اجزای هر سیمای اراضی، محیط خاک موجود در آن است. به‌طور کلی، خاک‌ها با اشکال اراضی که بر روی آن‌ها تشکیل می‌شوند و تکامل می‌یابند؛ به‌شدت ارتباط نزدیک و متقابل دارند. از سوی دیگر، خاک‌ها شاهدی مناسب برای تغییرات محیطی هستند و تحت تأثیر فرآیندهای ژئومورفیک در گذر زمان تغییر می‌کنند. هم‌چنین، از اطلاعات خاک برای بازسازی تاریخچه تغییر و تحول شکل‌های اراضی استفاده می‌شود (۲۵).

روش‌های مختلفی برای درک تغییر و تحول سیمای اراضی و خاک‌های موجود در آن‌ها وجود دارد که از آن جمله می‌توان به مطالعات میکرومورفولوژی خاک اشاره نمود. اهمیت میکرومورفولوژی خاک در مقایسه با سایر تکنیک‌های مطالعه خاک در این است که در تجزیه‌های شیمیایی، فیزیکی و کانی‌شناسی، نمونه‌های خاک نیاز به مخلوط نمودن، خرد کردن، انحلال و جداسازی دارند. لذا نتایج به‌دست آمده از این روش‌ها، میانگینی برای کل خاک ارائه می‌دهند؛ در حالی که در میکرومورفولوژی خاک، اجزا از نظر اندازه، شکل، نحوه توجیه و تمرکز مورد بررسی قرار می‌گیرند (۱۹). ورونکو و همکاران<sup>۳</sup> (۳۴) بیان نمودند

با مطالعه میکرومورفولوژی خاک می‌توان نوع محیط خاک را تشخیص داد، تکامل ریزساختارهای خاک را در طول فرایندهای انجام شده بر روی ذرات خاک مدل‌سازی کرد، درجه تغییرات رسوبات را مشخص نمود و شدت اثرات فیزیکی و شیمیایی در دوره بعد از رسوب‌گذاری را درک نمود. سیلوا و همکاران<sup>۴</sup> (۲۹) اظهار داشتند که میکرومورفولوژی، مهم‌ترین ابزار برای مطالعه تغییر آب و هوا می‌باشد. ایشان ضمن مطالعه میکرومورفولوژی خاک‌های مارلیا دریافتند که مطالعات میکرومورفولوژی خاک، نشان‌دهنده شرایط متفاوتی از هوادیدگی و آبشویی در این خاک‌ها می‌باشد که نتیجه آن ایجاد افق‌های Bkm، Btkm و Bt شده است. ما و همکاران<sup>۵</sup> (۱۵) اظهار داشتند که شواهد میکرومورفولوژیکی خاک‌های فلات شرقی کیونگاهی<sup>۶</sup> تبت، نشان‌دهنده تخریب خاک و کاهش تخلخل می‌باشند. استویس و همکاران<sup>۷</sup> (۲۰) نیز با مطالعه میکرومورفولوژی خاک‌های بلژیک، فرایندهای اختلاط زیستی<sup>۸</sup>، تجمع رس در بافت‌های سیلتی و تجمع مواد اسپودیک در بافت‌های شنی را به‌عنوان پدیده‌های غالب موجود در این خاک‌ها تشخیص دادند. مقبلی و همکاران<sup>۹</sup> (۱۶) حضور کربنات کلسیم به شکل نادول و پوشش در دیواره حفرات و نیز حضور بلورهای گچ به فرم عدسی‌شکل، کروی، بی‌شکل و یا پرشدگی و صفحات درهم قفل شده را در منطقه خشک فاریاب استان کرمان گزارش کردند.

از سوی دیگر، کانی‌های رسی موجود در خاک، تأثیر شگرفی بر تمامی ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک دارند. بنابراین، شناخت ویژگی‌های آن‌ها و نیز شیوه تشکیل و تبدیل این کانی‌ها به یکدیگر برای درک بهتر تشکیل و تکوین خاک، لازم و

4- Silva et al.

5- Ma, et al.

6- Qinghai

7- Stoops et al.

8- Bioturbation

9- Moghbel et al.

1- Landscape

2- Landform

3- Woronko et al.

منظر بررسی تغییر و تحولات سیمای اراضی منطقه و تکامل خاک‌های موجود در آن حائز اهمیت باشد. بنابراین، پژوهش حاضر برای دستیابی به هدف‌های زیر صورت پذیرفت: (۱) بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، کانی‌شناسی رس و میکرومورفولوژی خاک‌های منطقه داوران رفسنجان؛ (۲) طبقه‌بندی خاک‌های منطقه مطالعاتی بر اساس دو سامانه رده‌بندی آمریکایی (۲۸) و طبقه‌بندی جهانی (۱۱) و مقایسه نتایج آن‌ها با یک‌دیگر؛ (۳) بررسی نحوه تشکیل خاک در ارتباط با سطوح ژئومورفیک مختلف موجود در منطقه.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

بخشی از اراضی منطقه داوران (۵۶ درجه و ۲ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۳۱ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۳۷ دقیقه عرض شمالی) واقع در ۱۵ کیلومتری شرق رفسنجان با مساحت تقریبی ۵۶۰۰ هکتار و میانگین ارتفاع ۱۶۴۵ متر از سطح دریا، به‌عنوان منطقه مورد مطالعه برای پژوهش حاضر انتخاب گردید (شکل ۱). از نظر آب و هوایی، میانگین درجه حرارت و بارش سالانه منطقه مورد مطالعه در یک دوره آماری ۳۰ ساله (۱۳۶۹ تا ۱۳۹۸) به ترتیب ۱۸/۹ درجه سلسیوس و ۸۰/۳ میلی‌متر است. رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک‌های این منطقه با توجه به نتایج حاصل از نرم‌افزار نیوهال<sup>۳</sup> به ترتیب اریدیک تیپیک و ترمیک هستند. از لحاظ کاربری اراضی، منطقه شامل باغ‌های پسته فعال، نیمه‌فعال و رهاشده، جنگل مصنوعی (سفید تاغ و زرد تاغ)، تلماسه‌ها، سنگفرش‌های بیابانی، پهنه‌های رسی و اراضی مسکونی می‌باشد. مواد مادری خاک‌های منطقه از رسوبات کواترنری است که شامل رسوبات بادرفتی و آبرفتی می‌باشند که از ارتفاعات با سنگ‌های مختلف (مانند مارن، شیل، کنگلومرا،

ضروری به نظر می‌رسد. پژوهشگران مختلف با استفاده از کانی‌شناسی بخش رس خاک‌های موجود در سیمای اراضی، شرایط گذشته را بازسازی کرده‌اند (۳۳، ۱۴). به‌عبارت دیگر، کانی‌شناسی رس می‌تواند به‌عنوان شاخصی از آب و هوا، مواد مادری، تشکیل خاک و شرایط محیطی حاکم بر آن تلقی شود و برای شناسایی و تفسیر تغییرات آب و هوایی گذشته و بازسازی آن، مورد استفاده قرار گیرد (۱۲).

برومند و سنجری<sup>۱</sup> (۴) ضمن مطالعه کانی‌شناسی رس خاک‌های واقع بر سطوح مختلف ژئومورفیک در منطقه جبالبارز- جیرفت بیان نمودند که ایلیت، اسمکتیت، کلریت و کائولینیت، کانی‌های رسی غالب در منطقه بودند.

سنجری و همکاران<sup>۲</sup> (۳۱) نیز ضمن مطالعه میکرومورفولوژی و کانی‌شناسی رسی خاک‌های قدیمی و عهد حاضر منطقه جیرفت اظهار داشتند در خاک‌های قدیمی کانی‌های رسی اسمکتیت، پالی‌گورسکیت، ایلیت، کلریت و کائولینیت غالب هستند؛ در حالی که در خاک‌های عهد حاضر، کانی کلریت مشاهده نمی‌شود.

وجود شرایط خاص ناشی از تأثیر اقلیم مانند تبخیر بالا، بارندگی کم، پراکنش نامنظم بارندگی، رطوبت نسبی پایین، طولانی بودن فصل خشک، اختلاف زیاد دمای شب و روز و فقر شدید پوشش گیاهی در منطقه داوران (واقع در ۱۵ کیلومتری شرق رفسنجان)، منجر به ظهور تخریب اراضی و فرسایش شدید بادی تا حد تشکیل تپه‌های شنی در این منطقه گردیده است. از سوی دیگر، وجود رسوبات آبرفتی ناشی از سیلاب‌های جاری شده از دهانه مخروط افکنه موجود در این منطقه، تغییرات چشمگیری را در مورفولوژی سیمای اراضی منطقه ایجاد نموده است. در نتیجه، تقابل حضور توأمان رسوبات آبرفتی و بادرفتی در این محدوده می‌تواند از

1- Boroomand and Sanjari

2- Sanjari *et al.*

3- Java Newhall Simulation Model, JNSM

دستگاه پهاش متر مدل ISTEK، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع با استفاده از دستگاه هدایت-سنگ مدل ISTEK، کربن آلی، کربنات کلسیم معادل، گچ، ظرفیت تبادل کاتیونی و پتاسیم، سدیم، کلسیم و منیزیم محلول بر اساس روش‌های معمول اندازه‌گیری شدند (۲۷).

### کانی‌شناسی رس

برای انجام مطالعات کانی‌شناسی رس پس از حذف املاح محلول، کربنات‌ها، ماده آلی و اکسیدهای آهن آزاد، بخش رس نمونه‌ها مطابق با روش کیتریک و هوپ (۱۳) جدا و چهار تیمار مختلف شامل اشباع با منیزیم، اشباع با منیزیم و اتیلن‌گلیکول، اشباع با پتاسیم و اشباع با پتاسیم و حرارت ۵۵۰ درجه سلسیوس تهیه شد. سپس، نمونه‌های آماده‌شده به وسیله دستگاه پراش پرتو ایکس فیلیپس مدل PW1840 در محدوده زوایای پراش (2θ) ۳ تا ۴۰ درجه بررسی شدند و تفسیر پراش-نگارها انجام شد (۱۵).

### میکرومورفولوژی خاک

پس از هواخشک کردن نمونه‌های دست‌نخورده، فرایند اشباع آن‌ها با استفاده از رزین سه جزئی پلی‌استر<sup>۲</sup> صورت گرفت. پس از اشباع‌سازی، نمونه‌ها تا زمان سخت شدن در مکان ثابتی بدون حرکت قرار داده شدند. پس از آن، نمونه‌ها توسط دستگاه برش به صورت صفحه‌های یک سانتی‌متری بریده شدند و بر روی لام‌های شیشه‌ای مات شده چسبانده شدند. نمونه‌ها را به کمک دستگاه سایش به ضخامت ۷۰ تا ۱۰۰ میکرومتر رسانده، بعد از آن با پودرهای کاربراندوم با درجه مش متوسط و ریز (۴۰۰ تا ۱۰۰۰)، ضخامت نمونه‌ها به ۳۰ میکرومتر رسید و با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان در نور عادی (PPL<sup>۳</sup>) و پلاریزه (XPL<sup>۴</sup>) و بر اساس روش بولاکو همکاران<sup>۱</sup> (۳) و تعاریف استوپس (۱۹) مطالعه شد.

گرانیت، ماسه‌سنگ، کوارتزیت و سنگ آهک منشأ می‌گیرند.

### مطالعات صحرایی

ابتدا با استفاده از نقشه توپوگرافی (مقیاس ۱:۲۵۰۰۰) و تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث، هفت واحد ژئومورفیک (ژئوform) غالب منطقه شامل پدیمنت، حدواسط مخروط‌افکنه و پهنه رسی کشت-شده، مخروط‌افکنه، سنگفرش بیابانی، حدواسط پدیمنت و پهنه شنی، زهکش فعال و حدواسط مخروط-افکنه و پهنه رسی کشت‌نشده شناسایی و تفکیک شدند. در ادامه کار، با توجه به مساحت هر ژئوform و بر اساس مطالعات رده چهارم شناسایی خاک (۲۶)، تعداد ۱۹ خاک‌رخ در ژئوform‌های مورد نظر حفر و بر اساس راهنمای توصیف و نمونه‌برداری خاک‌ها در صحرا (۲۱) تشریح شدند. سپس، در هر ژئوform یک خاک‌رخ شاهد انتخاب گردید (شکل ۱ و جدول ۱) و از افق‌های مختلف آن نمونه‌برداری شد. هم‌چنین از برخی افق‌ها، نمونه خاک دست‌نخورده برای مطالعات میکرومورفولوژی توسط جعبه کوبینا<sup>۱</sup> جمع‌آوری شد. به‌علاوه، در افق‌هایی که از درصد بالای سنگریزه برخوردار بودند و امکان استفاده از جعبه کوبینا وجود نداشت، اقدام به انتقال حجم زیادی خاک به آزمایشگاه گردید و سپس در آن‌جا کلوخه‌های کوچک‌تر باقی‌مانده از حمل و نقل، برای این منظور مورد استفاده قرار گرفت. لازم به ذکر است که تمامی نمونه‌های برداشت‌شده برای انجام تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی لازم به آزمایشگاه منتقل گردیدند.

### مطالعات آزمایشگاهی

#### ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی

پس از هواخشک کردن نمونه‌های خاک و عبور آن‌ها از الک دو میلی‌متری، ذرات درشت آن‌ها به روش حجمی (با استفاده از الک)، بافت خاک، پهاش خاک در نمونه‌های گل اشباع با استفاده از

2- Three-component polyester resin

3 -Plain Polarized Light

4 -Cross Polarized Light

1- Cubiena

مطالعاتی در محدوده‌های ۵ تا ۱۵ درصد و ۱۵ تا ۲۵ درصد، این خاک‌ها به‌طور عمده در کلاس آهکی متوسط تا قوی قرار گرفته‌اند. همچنین، دامنه تغییرات شوری در نمونه‌های مورد مطالعه از حدود ۰/۱ (افق C، خاک‌رخ پنج) تا ۶۳/۲ (افق 2Bzb، خاک‌رخ هفت) دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد. با توجه به میانگین وزنی قابلیت هدایت الکتریکی خاک‌رخ‌های مورد مطالعه، به غیر از خاک‌رخ یک، مابقی خاک‌های منطقه در گروه خاک‌های شور ( $EC \geq 4 \text{ dS m}^{-1}$ ) قرار می‌گیرند. به‌طور کلی، میزان شوری ژئوفرم‌های حدواسط مخروط‌افکنه و پهنه رسی کشت‌شده و حدواسط مخروط‌افکنه و پهنه رسی کشت‌نشده بیشتر از سایر ژئوفرم‌ها است. دلیل احتمالی این موضوع، ریزتر بودن بافت خاک‌های این دو واحد نسبت به دیگر ژئوفرم‌ها می‌تواند باشد. به دیگر سخن، ریزتر بودن بافت خاک‌های این دو ژئوفرم، سبب کاهش نفوذپذیری آب در خاک شده و به تبع آن با انجام فرایند تبخیر و برجای ماندن املاح، افزایش شوری در آن‌ها اتفاق افتاده است. تغییرات pH نیز از ۷/۱۳ (افق 3Btb، خاک‌رخ هفت) تا ۸/۷۸ (افق 4Bkyn، خاک‌رخ پنج) می‌باشد (جدول ۳). وجود کربنات‌ها در مواد مادری خاک‌های منطقه و تعادل آن با فشار جزئی گاز دی‌اکسید کربن اتمسفر، می‌تواند دلیل اصلی بالا بودن مقدار واکنش در خاک‌های مطالعاتی باشد.

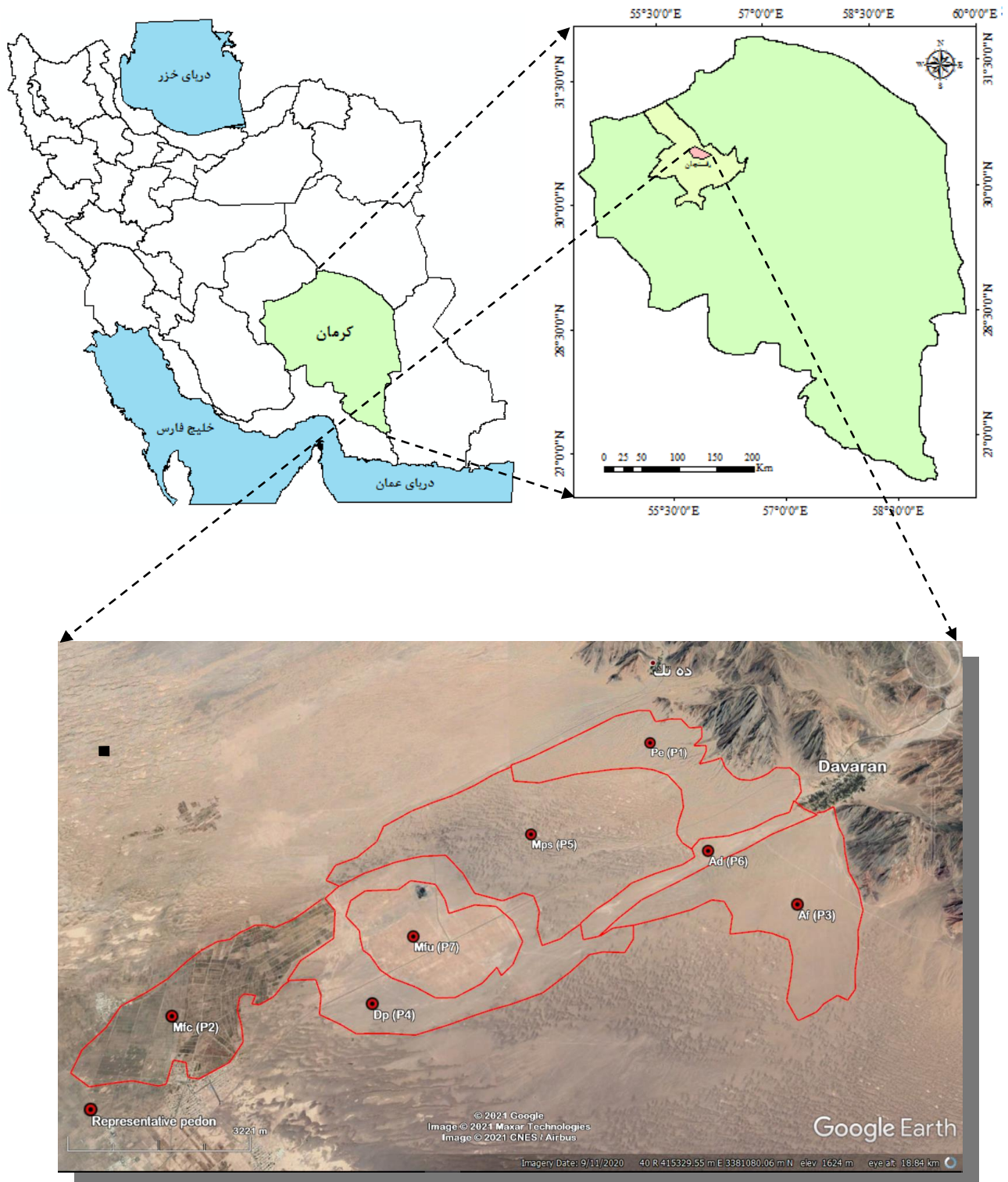
دامنه تغییرات SAR از ۰/۹ (افق C، خاک‌رخ چهار) تا ۱۷/۹ (افق 3Btn، خاک‌رخ دو) می‌باشد (جدول ۳). هرچند برخی از افق‌ها (از جمله، افق 3Cn خاک‌رخ یک؛ افق 3Btn خاک‌رخ دو؛ افق‌های 4CByn و 4Cyn خاک‌رخ چهار و افق 4Bkyn خاک‌رخ پنج)، مقدار SAR آن‌ها بیش از ۱۳ می‌باشند؛ اما میانگین وزنی این ویژگی در تمام خاک‌رخ‌های مورد مطالعه، کمتر از ۱۳ است. بر این اساس، خاک‌های منطقه در گروه خاک‌های غیرسدیمی قرار می‌گیرند.

## نتایج و بحث

### ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی خاک‌های تشکیل‌شده در ژئوفرم‌های مختلف

جدول ۲ نشان‌دهنده برخی از مهم‌ترین ویژگی‌های مورفولوژیکی خاک‌رخ‌های مورد مطالعه است. ملاحظه می‌شود که هیو در تمام خاک‌رخ‌ها در محدوده YR قرار دارد و وجود گچ و کربنات‌ها در برخی افق‌ها سبب بالارفتن ویلوی خشک در آن‌ها شده است. ساختمان تک‌دانه، غالب‌ترین ساختمان موجود در خاک‌های منطقه است که با توجه به حضور رسوبات بادرفتی در اغلب خاک‌رخ‌های مطالعاتی، این ساختمان قابل انتظار است. به علاوه، ژئوفرم حدواسط مخروط‌افکنه و پهنه رسی کشت‌نشده نسبت به سایر ژئوفرم‌ها از درجه و اندازه ساختمان بزرگ‌تری برخوردار می‌باشد. دلیل احتمالی این موضوع می‌تواند مربوط به وجود مقادیر رس بیشتر در خاک این ژئوفرم باشد.

جدول ۳ برخی از مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌رخ‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود بافت‌های غالب منطقه به دلیل بالا بودن مقادیر شن از نوع شنی، شن لومی و لوم شنی می‌باشند. در همه خاک‌رخ‌های حفرشده، کربن آلی کم‌تر از ۰/۵ درصد است که با توجه به آب و هوای خشک منطقه و نبود پوشش گیاهی قابل توجه در آن، چنین نتیجه‌ای دور از انتظار نیست. دامنه تغییرات گچ در خاک‌رخ‌های مطالعه‌شده از صفر تا حدود ۹ درصد (افق 2Cky، خاک‌رخ یک) و دامنه تغییرپذیری کربنات کلسیم معادل در آن‌ها از ۲/۵ (افق C، خاک‌رخ پنج) تا ۳۲/۵ درصد (افق 3Bky، خاک‌رخ چهار) متغیر می‌باشند. براساس طبقه‌بندی ارائه‌شده توسط دی (۶) به‌منظور کلاس‌بندی خاک‌ها بر مبنای مقدار کربنات کلسیم معادل آن‌ها و با توجه به قرارگیری مقدار کربنات کلسیم معادل اغلب افق‌های



شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه به همراه موقعیت خاک‌رخ‌های شاهد در ژئوform‌های مختلف (Pe: پدیمت، Mfc: حدواسط مخروط افکنه و پهنه رسی کشت‌شده، Af: مخروط افکنه، Dp: سنگفرش بیابانی، Mps: حدواسط پدیمت و پهنه سنی، Ad: زهکش فعال، Mfu: حدواسط مخروط افکنه و پهنه رسی کشت‌نشده)

Figure (1) Location of the study area along with the location of representative pedons in different geomorphic units (Pe: Pediment, Mfc: Margin of fan and cultivated clay flat, Af: Alluvial fan, Dp: Desert pavement, Mps: Margin of pediment and sand sheet, Ad: Active drainage, Mfu: Margin of fan and uncultivated clay flat)



جدول (۱) برخی از مشخصات ژئوformهای مورد مطالعه به همراه موقعیت دقیق خاک‌رخ‌های شاهد آنها  
**Table (1) Selected characteristics of the studied geofoms along with the exact position of their representative pedons**

ماده مادری Parent material	مختصات جغرافیایی Geographical coordinates		شماره خاک‌رخ شاهد Representative pedon no.	تعداد خاک- رخ حفر شده Number of pedons	مساحت (هکتار) Area (ha)	نام ژئوform Geoform's name
	X (m)	Y (m)				
Alluvial– proluvial sandy– cobble conglomerate	418465	3384405	P1	2	671	پدیمت Pediment حدواسط مخروط‌افکنه و
Clay- silt	408892	3378765	P2	3	893	پهنه رسی کشت شده Margin of fan and cultivated clay flat
Alluvial– proluvial sandy– Pebbly conglomerate	420897	3380464	P3	3	914	مخروط‌افکنه Alluvial fan
Alluvial– proluvial sandy– Pebbly conglomerate	412699	3378880	P4	3	919	سنگفرش بیابانی Desert pavement حدواسط پدیمت و پهنه
Aeolian sand dunes	415831	3382384	P5	5	1435	شنی Margin of pediment and sand sheet
Loose alluvium	419356	3381728	P6	1	209	زهکشی فعال Active drainage حدواسط مخروط‌افکنه و
Clay- silt	413439	3380225	P7	2	586	پهنه رسی کشت نشده Margin of fan and uncultivated clay flat

## جدول (۲) برخی از مهم‌ترین ویژگی‌های ریخت‌شناسی خاک‌رخ‌های مطالعه‌شده در ژئوفرم‌های مختلف

Table (2) Some of the most important morphological properties of the studied pedons in different geofoms

پایداری Consistency		ساختار Structure	رنگ Color		مرز افق Boundary	نوع رسوبات Type of sediments	عمق Depth (cm)	افق Horizon	شماره خاک‌رخ Pedon no.
مرطوب Moist	خشک Dry		مرطوب Moist	خشک Dry					
P1: Pediment (پدیمت)									
lo	lo	Sg	10YR 5/3	10YR 6/4	Aw	Aeolian	0-70	C	1
vfi	sh	Sg	10YR 6/2	10YR7/4	Cw	Alluviall	70-105	2Cky	
vfi	sh	Sg	10YR 5/3	10YR 6/4	-	Aeolian	105-200	3Cn	
P2: Margin of fan and cultivated clay flat (حدواسط مخروط افکنه و پهنه رسی کشت‌شده)									
lo	lo	Sg	7.5YR 5/2	7.5YR 5/2	As	Aeolian	0-30	C	2
fr	sh	1fsbk	10YR 5/2	10YR 6/2	Cw	Alluviall	30-60	2Bky	
fi	mh	M	10YR 5/2	10YR 5/2	As	Alluviall	60-140	2C1	
fr	sh	Sg	10YR 5/2	10YR 5/2	Cs	Alluviall	140-160	2C2	
fi	mh	1fsbk	10YR 6/3	10YR 4/4	-	Aeolian	160-205	3Btm	
P3: Alluvial fan (مخروط افکنه)									
lo	lo	Sg	10YR 5/3	10YR 6/4	Cs	Aeolian	0-25	C	3
vfi	sh	1fsbk	10YR 6/3	10YR 7/4	CW	Alluviall	25-60	2Bk	
vfi	sh	Sg	10YR 6/3	10YR 7/4	CS	Aeolian	60-110	3By	
fi	mh	M	10YR 5/3	10YR 6/4	CS	Alluviall	110-130	4C1	
fi	mh	M	10YR 5/3	10YR 6/4	-	Alluviall	130-175	4C2	
P4: Desert pavement (سنگ‌فرش بیابانی (دشت ریگی))									
lo	lo	Sg	10YR 5/3	10YR 6/4	CS	Aeolian	0-20	C	4
vfi	sh	1fsbk	7.5YR 5/3	7.5YR 6/4	AS	Alluviall	20-50	2Bw	
vfi	sh	1fsbk	10YR 5/3	10YR 7/4	AS	Aeolian	50-105	3Bky	
fi	mh	Sg	10YR 5/3	10YR 6/4	AS	Aeolian	105-125	3Ck	
fi	mh	Sg	10YR 5/3	10YR 7/4	CW	Alluviall	125-180	4CByn	
vfi	h	M	10YR 6/3	10YR 8/3	-	Alluviall	180-220	4Cyn	
P5: Margin of pediment and sand sheet (حدواسط پدیمت و پهنه شنی)									
lo	lo	Sg	10YR 5/3	10YR 6/4	AS	Aeolian	0-15	C	5
lo	lo	Sg	10YR 4/3	10YR 5/4	AS	Aeolian	15-45	CBk	
lo	lo	Sg	10YR 5/3	10YR 6/4	AS	Aeolian	45-60	Ck	
lo	lo	Sg	10YR 5/3	10YR 6/4	AW	Alluviall	60-75	2C1	
lo	lo	Sg	10YR 5/3	7.5YR 6/4	AW	Alluviall	75-95	2C2	
lo	lo	Sg	10YR 5/3	10YR 6/4	AW	Aeolian	95-105	3C3	
lo	lo	Sg	10YR 4/3	10YR 5/4	AW	Aeolian	105-115	3C4	
lo	lo	Sg	10YR 5/3	10YR 6/4	AW	Aeolian	115-125	3C5	
lo	lo	Sg	10YR 5/3	10YR 6/4	AW	Alluviall	125-140	4Ck	
fi	sh	1fabk	10YR 6/3	10YR 7/4	-	Alluviall	140-215	4Bkyn	
P6: Active drainage (زهکش فعال)									
vfi	sh	M	10YR 5/3	10YR 6/4	AS	Alluviall	0-55	C1	6
vfi	sh	M	10YR 5/3	10YR 6/4	AS	Alluviall	55-85	C2	
vfi	mh	M	10YR 5/3	10YR 6/4	-	Alluviall	85-200	C3	
P7: Margin of fan and uncultivated clay flat (حدواسط مخروط افکنه و پهنه رسی کشت‌نشده)									
lo	lo	Sg	10YR 6/4	10YR 7/4	AS	Aeolian	0-60	C	7
fi	mh	1fsbk	10YR 5/3	10YR 6/4	AS	Alluviall	60-100	2Bwb1	
fi	mh	2fsbk	10YR 5/3	10YR 6/4	AS	Alluviall	100-140	2Bwb2	
fi	mh	1msbk	10YR 6/3	10YR 7/4	AW	Alluviall	140-200	2Bzb	
fi	mh	1fsbk	10YR 5/3	10YR 6/4	AS	Aeolian	200-250	3Bwb1	
fi	mh	2fsbk	10YR 5/3	10YR 6/4	AS	Aeolian	250-310	3Bwb2	
fi	mh	2msbk	10YR 5/3	10YR 6/4	AS	Aeolian	310-350	3Btb	
fi	mh	1fsbk	10YR 5/3	10YR 6/4	-	Alluviall	350-390	4Bwb	

\* علائم موجود در جدول بر اساس منبع شوئنبرگر و همکاران (۲۰۱۲) می‌باشند.

\* The symbols are based on Schoenberger et al. (2012)

جدول (۳) برخی از مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌رخ‌های مطالعه‌شده در ژئوformهای مختلف

Table (3) Some of the most important physical and chemical properties of studied pedons in different geofoms

ذرات درشت (%) Coarse fragments (%)	CEC ( $\text{cmol}_+ \text{kg}^{-1}$ )	SAR	کل کربنات‌ها CCE	کربن آلی OC	گچ Gypsum	EC ( $\text{dS m}^{-1}$ )	pH	بافت خاک Texture	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	عمق (سانتی‌متر) Depth (cm)	افق Horizon	شماره خاک‌رخ Pedon no.
P1: Pediment (پدیمنت)														
0	-	1.27	3	0.01	0	1.94	7.64	LS	86.6	9.4	4	0-70	C	1
10	-	7.80	14.5	0.01	8.9	2.89	7.78	LS	85.8	5.7	8.5	70-105	2Cky	
3	-	15.24	12.5	0.01	0	4.20	8.09	S	89.24	6.5	3.4	105-200	3Cn	
P2 : Margin of fan and cultivated clay flat (حدواسط مخروط‌افکنه و پهنه رسی کشت‌شده)														
10	-	3.39	12.5	0.23	0	16.08	7.29	L	47.5	32	20.5	0-30	C	2
5	9	2.31	17.5	0.07	1.8	18.20	7.68	SiL	27.5	56	16.5	30-60	2Bky	
7	7	1.94	12	0.06	0	22.90	7.69	SiL	30	54.5	15.5	60-140	2C1	
20	-	3.28	2.6	0.05	0	12.84	7.58	SiL	48.5	52	19.5	140-160	2C2	
10	-	17.89	10	0.02	0	16.20	7.82	L	44.5	29	26.5	160-205	3Btn	
P3 : Alluvial fan (مخروط‌افکنه)														
2	-	3.48	2.7	0.01	0	0.68	7.80	SL	68.5	21	10.5	0-25	C	3
30	8	2.81	30	0.01	0	2.64	7.62	SCL	63.3	10.7	26.5	25-60	2Bk	
25	5	4.99	20	0.01	2.3	6.16	7.5	SCL	72.7	10.1	20.5	60-110	3By	
90	-	7.91	18.5	0.01	1.4	7.04	8.20	LS	82.3	9.3	8.5	110-130	4C1	
75	-	5.99	16.4	0.01	0	6.23	7.66	LS	85	9	6	130-175	4C2	

ادامه جدول (۳)

P4 : Desert pavement (سنگ فرش بیابانی (دشت ریگی))														
10	-	0.93	7	0.05	0	0.12	8.00	LS	85.5	4	10.5	0-20	C	4
20	11	3.74	12.5	0.05	0	11	8.06	SCL	73	5	22	20-50	2Bw	
30	3	2.44	32.5	0.04	1.4	10.66	7.76	SL	73.5	16	10.5	50-105	3Bky	
80	-	4.86	9	0.04	0	9.60	8.24	SL	77.5	12	10.5	105-125	3Ck	
85	-	13.86	9	0.03	5.5	6.67	8.00	SL	69.5	24.5	6	125-180	4CByn	
40	-	15.03	7.5	0.03	6.3	10.98	7.97	SL	75.5	16	8.5	180-220	4Cyn	
P5: Margin of pediment and sand sheet (حدواسط پدیمنت و پهنه شنی)														
0	-	2.20	2.5	0.01	0	0.09	7.82	S	93.5	2	4.5	0-15	C	5
55	-	6.19	26	0.09	0	2.21	7.81	SL	75.5	12	12.5	15-45	CBk	
75	-	10.14	5	0.05	0	3.65	7.90	S	88.5	6.25	5.25	45-60	Ck	
5	-	7.84	15	0.04	0	2.13	8.09	S	9.80	4.7	4.5	60-75	2C1	
60	-	9.80	12.5	0.03	0	2.23	8.38	S	91.40	4.5	4.1	75-95	2C2	
5	-	7.68	16	0.03	0	2.12	8.42	S	89.5	6	4.5	95-105	3C3	
10	-	5.14	27.5	0.02	0	5.45	8.20	S	89	7.4	3.6	105-115	3C4	
20	-	1.67	26.5	0.01	0	5.65	8.13	S	88.90	7.1	4	115-125	3C5	
45	-	1.40	24.5	0.01	0	5.74	8.02	LS	80	15	5	125-140	4Ck	
40	-	16.33	15	0.01	4.4	8.78	8.78	LS	77	18	5	140-215	4Bkyn	
P6 : Active drainage (زهکش فعال)														
80	3	1.25	22.5	0.05	0	1.59	7.88	SL	73.5	20	6.5	0-55	C1	6
85	1	2.44	18	0.01	0	1.18	7.85	LS	79.54	15	5.5	55-85	C2	
90	2	6.63	15	0.04	0	6.64	7.77	LS	80.54	12	7.5	85-200	C3	
P7 : Margin of fan and uncultivated clay flat (حدواسط مخروط افکنه و پهنه رسی کشت نشده)														
0	3	2.03	7.5	0.01	0	2	8.33	SL	79.5	11	9.5	0-60	C	7
60	30	3.39	20	0.03	0	20.70	7.67	C	33.5	18	48.5	60-100	2Bwb1	
55	-	6.01	27.5	0.02	0	23.40	7.32	C	31.25	17	51.75	100-140	2Bwb2	
55	-	4.13	10	0.02	0	63.20	7.83	C	29.5	20	50.5	140-200	2Bzb	
60	-	4.42	28.5	0.02	0	18.80	7.68	C	25.5	18	56.5	200-250	3Bwb1	
50	-	3.78	22.5	0.01	0	16.80	7.92	C	25	20	55	250-310	3Bwb2	
60	-	1.16	18.5	0.02	0	17.42	7.13	C	15.5	12.5	72	310-350	3Btb	
65	-	1.49	25	0.01	0	19.15	7.23	C	18	26	56	350-390	4Bwb	

بنده الهی و همکاران: مطالعه تغییر و تحول خاک در...

کربنات کلسیم معادل کمتر از ۱۵ درصد را با قرار دادن شرط مقدار رس کمتر از ۱۸ درصد برای تعریف این افق مجاز می‌داند (۲۸). در مقابل، مقدار گچ در سامانه طبقه‌بندی جهانی با استفاده از پیشوند Hypo (به معنی وجود یک افق ژئوسیک با کمتر از ۲۵ درصد گچ در بخش ذرات ریز خاک) مورد توجه قرار گرفته است. هم‌چنین، حضور مقدار سدیم تبدلی بالا در افق زیرین این خاک رخ (افق 3Cn)، تنها توسط سامانه طبقه‌بندی جهانی با پسوند Protosodic مد نظر قرار گرفته است. به‌علاوه، در این خاک رخ (و البته خاک‌رخ‌های شماره دو تا پنج) وجود انقطاع سنگی با پسوند Ruptic در سامانه طبقه‌بندی جهانی بیان شده است که قابلیت بهتر این سامانه را در نشان دادن واقعیت صحرا نشان می‌دهد. این در حالی است که در سامانه رده‌بندی آمریکایی، فقط در بخش توزیع اندازه ذرات فامیل به ذرات درشت موجود در این خاک‌رخ اشاره شده است.

نکته مهم در رابطه با خاک‌رخ شماره دو آن است که تفاوت در تعریف افق مشخصه سالیک باعث عدم تطابق بین دو سامانه طبقه‌بندی آمریکایی و جهانی گردیده است. بر مبنای سامانه رده‌بندی آمریکایی، حداقل قابلیت هدایت الکتریکی مورد نیاز برای تعریف افق سالیک، ۳۰ دسی-زیمنس بر متر می‌باشد؛ در حالی که این عدد در سامانه طبقه‌بندی جهانی، ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر تعریف شده است. این تفاوت در مقدار شوری باعث شده که خاک‌رخ شماره دو در زیررده Salids قرار نگیرد؛ حال آن‌که بر اساس سامانه طبقه‌بندی جهانی، در گروه مرجع سولونچاک قرار گرفته است. علاوه بر این، بر عکس خاک‌رخ شماره یک، حضور مقادیر بالای سدیم تبدلی در افق زیرین (3Btn) خاک‌رخ شماره دو، تنها توسط سامانه رده‌بندی آمریکایی در سطح گروه بزرگ به صورت Natrargids مد نظر قرار گرفته است. در مقابل، وجود افق کلسیک در این خاک‌رخ، تنها توسط سامانه طبقه‌بندی جهانی در قالب یک توصیف‌کننده اصلی<sup>۴</sup> مورد توجه قرار گرفته است.

## مقایسه طبقه‌بندی خاک‌ها در دو سامانه رده‌بندی آمریکایی و طبقه‌بندی جهانی

با توجه به نتایج جدول‌های ۲ و ۳، طبقه‌بندی خاک‌های مطالعه شده بر اساس دو سامانه رده‌بندی آمریکایی (۲۸) و طبقه‌بندی جهانی (۱۱) در جدول ۴ ارائه شده است. به‌طور کلی، نتایج نشان می‌دهند که تجمع گچ<sup>۱</sup> و کربنات‌ها<sup>۲</sup> به‌عنوان فرایندهای غالب موجود در منطقه می‌باشند که موجبات تشکیل افق‌های ژئوسیک و کلسیک را فراهم آورده‌اند. این موضوع باعث قرارگیری خاک‌رخ‌های مزبور در زیررده‌های ژئوسیدز و کلسیدز بر مبنای سامانه رده‌بندی آمریکایی (۲۸) و گروه‌های مرجع ژئوسولز و کلسولز بر مبنای سامانه طبقه‌بندی جهانی (۱۱) شده است.

یکی از تفاوت‌های سامانه رده‌بندی آمریکایی با طبقه‌بندی جهانی، در نظر گرفتن رژیم‌های رطوبتی و حرارتی و نیز کانی‌شناسی در سامانه رده‌بندی آمریکایی است. مشاهده می‌شود که در تمام خاک‌رخ‌ها، مخلوطی از کانی‌های مختلف وجود دارد (جدول ۴). هم‌چنین، وجود رژیم حرارتی ترمیک در سطح فامیل خاک و نیز وجود رژیم رطوبتی اریدیک در سطوح رده یا گروه بزرگ (خاک‌رخ-های شش و هفت) به‌خوبی در طبقه‌بندی خاک‌ها بر اساس سامانه رده‌بندی آمریکایی نمایان است (جدول ۴). در مقابل، استفاده از توصیف‌کننده مکمل<sup>۳</sup> اریدیک در رابطه با اغلب خاک‌رخ‌های مورد مطالعه بر مبنای سامانه طبقه‌بندی جهانی، وجود مقادیر کم کربن آلی خاک، شواهدی از فعالیت باد در منطقه، وجود رنگ روشن و اشباع بازی بالا در لایه‌های سطحی این خاک‌رخ‌ها را نشان می‌دهد.

در خاک‌رخ شماره یک حضور افق ژئوسیک و بافت شنی توسط هر دو سامانه رده‌بندی آمریکایی و طبقه‌بندی جهانی، مد نظر قرار گرفته است؛ اما سامانه اخیر به حضور کربنات کلسیم در این خاک‌رخ اشاره نکرده است. به‌نظر می‌رسد که دلیل این موضوع، به گستردگی تعریف افق کلسیک در سامانه رده‌بندی آمریکایی بر می‌گردد که مقدار

1- Gypsification

2- Calcification

3- Supplementary qualifier

4- Principal qualifier

همکاران<sup>۳</sup> (۱۰) اظهار داشتند که سامانه طبقه‌بندی جهانی به دلیل استفاده از توصیف‌کننده‌های مختلف و انعطاف‌پذیری بالاتر در انعکاس خصوصیات مؤثر در نام‌گذاری خاک‌ها، واقعیات صحرا را هم از دیدگاه تغییرات افقی و هم از نظر تغییرپذیری عمودی خاک بهتر نشان می‌دهد.

### کانی‌شناسی رسی

شکل ۲ نشان‌دهنده پراش‌نگارهای پرتو ایکس ذرات کوچک‌تر از دو میکرون برخی از افق‌های مورد مطالعه در ژئوفرم‌های مختلف منطقه می‌باشد. نگاهی کلی به تمامی پراش‌نگارها حاکی از آن است که نوع کانی‌های رسی در همه افق‌ها و ژئوفرم‌های منطقه، تقریباً مشابه می‌باشد. این کانی‌ها به‌طور معمول شامل کلریت، میکا، ورمی‌کولیت، اسمکتیت و کائولینیت می‌باشند (شکل ۲ و جدول ۵). پژوهشگران مختلف (۱۷)، به غالب بودن این کانی‌ها در مناطق خشک اشاره نموده‌اند.

حضور پیک‌های حدود ۱۰، ۵ و ۳/۳۳ آنگستروم در تمامی تیمارها نشانگر وجود کانی‌های میکا در خاک‌رخ-های مورد مطالعه است. ثبات پیک رده اول حدود ۱۴ آنگستروم در تمام تیمارهای موجود در پراش‌نگارهای شکل ۲، نشانگر حضور کانی کلریت در نمونه‌ها می‌باشد. ملاحظه می‌شود که در تیمار اشباع با منیزیم، شدت پیک-های فرد کلریت (حدود ۱۴ و ۴/۷ آنگستروم) نسبت به پیک‌های زوج آن (حدود ۷ و ۳/۵ آنگستروم) کمتر است. این موضوع، بیانگر آن است که اغلب کلریت موجود در خاک‌های منطقه از نوع کلریت غنی از آهن می‌باشد. از سوی دیگر، حضور پیک تقریبی ۲/۸ آنگستروم (۳۲- $\theta$ ) در تیمار اشباع با منیزیم و باقی ماندن بخشی از پیک ۷/۱ آنگستروم در تیمار اشباع با پتاسیم و حرارت ۵۵۰ درجه سلسیوس، نشانگر آن است که بخشی از کلریت موجود در خاک‌های منطقه، از نوع کلریت غنی از منیزیم می‌باشد.

با توجه به اطلاعات جدول ۴، مشاهده می‌شود که به‌طور کلی تطابق نسبتاً خوبی بین نتایج حاصل از دو سامانه رده‌بندی آمریکایی و طبقه‌بندی جهانی در رابطه با خاک‌رخ‌های شماره سه تا شش وجود دارد. البته وجود برخی از اطلاعات تکمیلی در سامانه طبقه‌بندی جهانی (مانند توجه به حضور رسوبات آبرفتی توسط توصیف‌کننده مکمل Fluvic و یا توجه به وجود سنگ‌فرش بیابانی<sup>۱</sup> از طریق توصیف‌کننده مکمل Yermic)، تا حدودی سنگینی کفه ترازو را به سمت سامانه طبقه‌بندی جهانی هدایت نموده است.

نکته قابل توجه در رابطه با خاک‌رخ شماره هفت، وجود رسوبات بادرفتی جدید در سطح آن می‌باشند که باعث شده خاک زیرین به‌صورت مدفون‌شده باشد (جدول ۴). بنابراین، براساس اصول مطرح‌شده در سامانه طبقه‌بندی جهانی (۱۱)، کل این خاک‌رخ (رسوبات جدید و خاک مدفون زیرین) مورد طبقه‌بندی قرار گرفته است؛ در حالی که در سامانه رده‌بندی آمریکایی، فقط بخش رسوبات جدید در طبقه‌بندی این خاک مد نظر قرار می‌گیرند.

به‌طور کلی، عدم وجود یک سامانه طبقه‌بندی خاک ملی برای ایران از یک سو و نگاه صحیح‌تر و دقیق‌تر سامانه طبقه‌بندی جهانی به واقعیت صحرایی خاک‌های مناطق خشک از سوی دیگر، تفکر استفاده بیشتر از سامانه طبقه‌بندی جهانی نسبت به سامانه رده‌بندی آمریکایی را در ذهن قوت می‌بخشد. اسفندیارپور بروجنی و همکاران (۸) نیز گزارش کردند که سامانه طبقه‌بندی جهانی، نسبت به سامانه رده‌بندی آمریکایی، اطلاعات بیش‌تری در مورد ویژگی‌ها و خصوصیات درونی خاک‌های شور در دسترس قرار می‌دهد. سرمست و همکاران<sup>۲</sup> (۲۲) نیز با مقایسه سامانه‌های رده‌بندی آمریکایی و طبقه‌بندی جهانی در توصیف خاک‌های آهکی و گچی منطقه مرکزی ایران، بیان داشتند که سامانه طبقه‌بندی جهانی به دلیل دارا بودن توصیف‌کننده‌های مکمل مختلف، نسبت به سامانه رده‌بندی آمریکایی، کارآمدتر و مؤثرتر می‌باشد. هم‌چنین، حسینی و

1- Desert pavement

2- Sarmast et al.

3- Hosseini et al.

جدول (۴) طبقه‌بندی خاک‌رخ‌های مورد مطالعه بر اساس دو سامانه رده‌بندی آمریکایی و طبقه‌بندی جهانی  
 Table (4) Classification of the studied pedons based on the Soil Taxonomy (2014) and WRB (2015) systems

رده‌بندی آمریکایی (۲۰۱۴) Soil Taxonomy (2014)	طبقه‌بندی جهانی (۲۰۱۵) WRB (2015)	شماره خاک‌رخ Pedon no.
Sandy, mixed, thermic Typic Calcigypsid	Haplic Gypsisols (Arenic, Aridic, Hypogypsic, Raptic, Protosodic)	1
Coarse-loamy, mixed, active, thermic Typic Natrargids	Calcic Solonchaks (Aridic, Calcaric, Loamic, Raptic)	2
Fine-loamy, mixed, subactive, thermic Typic Haplocalcids	Haplic Calcisols (Aridic, Fluvic, Loamic, Raptic)	3
Coarse-loamy, mixed, active, thermic Typic Haplocalcids	Cambic Calcisols (Fluvic, Loamic, Raptic, Yermic)	4
Sandy-skeletal, mixed, thermic Typic Haplocalcids	Skeletal Calcisols (Arenic, Aridic, Fluvic, Raptic, Protosodic)	5
Loamy-skeletal, mixed, subactive, calcareous, thermic Typic Torrifuvents	Calcaric Skeletic Pantofluvic Fluvisols (Arenic)	6
Coarse-silty, mixed, semiactive, thermic Typic Torriorthents	Calcaric Protic Regosols (Aeolic, Aridic, Loamic) over Protosodic Solonchaks (Aridic, Calcaric, Clayic, Raptic, Hypersalic, Skeletic)	7

(۲۳) و حوضه جازموریان توسط سنجری (۳۰) نیز گزارش شده است.

هرچند حضور کانی کائولینیت را می‌توان از طریق از بین رفتن پیک‌های ۷/۱۴ و ۳/۵۵ آنگستروم در تیمار پتاسیم و حرارت ۵۵۰ درجه سلسیوس اثبات نمود؛ لیکن تأیید نهایی حضور این کانی مستلزم وجود پیک رده سوم آن (۲/۴ آنگستروم) در پراش‌نگارها است. نگاهی به پراش‌نگارهای پرتو ایکس حاصل از نمونه‌های مختلف، حاکی از وجود پیک اخیر در حدود زوایای 20 برابر با ۳۶/۵ تا ۳۷ است (شکل ۲).

تشکیل کائولینیت از محلول خاک نیاز به شرایط اسیدی با فعالیت متوسط سیلیسیم و مقادیر کم کاتیون‌های بازی دارد. برای تشکیل کلریت نیز وجود آبشویی شدید، پی‌اچ کمتر از ۶، درجه حرارت بالا و در نتیجه خروج هیدروکسیدهای بین لایه‌ای لازم است (۲). بنابراین با توجه به شرایط اقلیمی منطقه، امکان تشکیل کانی‌های کلریت و کائولینیت وجود ندارد؛ در نتیجه منشأ توارثی برای تشکیل این کانی‌ها در منطقه محتمل خواهد بود. از سوی دیگر، مقادیر زیاد میکا و کلریت

کاهش شدت پیک حدود ۱۴ آنگستروم و افزایش شدت پیک حدود ۱۰ آنگستروم در تیمار اشباع با پتاسیم (و البته تیمار پتاسیم و حرارت) دلیلی بر وجود کانی ورمی-کولیت در خاک است. هم‌چنین، انتقال پیک حدود ۱۴ آنگستروم به پیک‌های حدود ۱۶ تا ۱۸ آنگستروم در تیمار اشباع با منیزیم و اتیلن گلیکول، و کاهش نسبی این پیک‌ها به حدود ۱۲/۵ تا ۱۲/۶ آنگستروم در تیمار اشباع با پتاسیم، نشان‌دهنده وجود کانی‌های گروه اسمکتیت در برخی از افق‌های مورد مطالعه (مانند افق 2Cky خاک‌رخ یک، افق 3Btm و خاک‌رخ دو، افق 3By خاک‌رخ سه، افق‌های 3Bky و 4CByn خاک‌رخ چهار و افق 2Bwb2 خاک‌رخ هفت) است. وجود حالت پلکانی (شانه‌ای) در تیمار اشباع با منیزیم و اتیلن گلیکول برای پیک کانی اسمکتیت (حدود ۱۶ تا ۱۸ آنگستروم) در افق‌های 2Cky خاک‌رخ یک، افق 3By خاک‌رخ سه و افق‌های 3Bky و 4CByn خاک‌رخ چهار، حاکی از وجود اسمکتیت‌هایی با بار لایه‌ای زیاد و یا درجه تبلور کم در خاک می‌باشد (۷). وجود چنین حالتی در خاک‌های منطقه خشک جیرفت توسط سرمست و همکاران

در این افق است. توزیع c/f (در حد ۲۰ میکرون) در تمامی افق‌ها از نوع پورفیریک<sup>۳</sup> بود. وجود کربنات‌ها و گچ در خاک‌های منطقه سبب گردیده که بی‌فابریک در اکثر افق‌ها از نوع کلسیتیک ژپسیک کریستالیتیک<sup>۴</sup> باشد حسینی و همکاران (۱۰) گزارش نمودند که بی‌فابریک کریستالیتیک، نشان‌دهنده نبود آب‌شویی کافی کربنات‌ها و به دنبال آن، عدم انتقال رس به افق‌های زیرین است. با توجه به اقلیم خشک منطقه مطالعاتی و عدم وجود شرایط لازم برای آب-شویی گچ و کربنات‌ها، وجود این بی‌فابریک در مقاطع نازک مورد مطالعه، قابل انتظار است.

مواد درشت موجود در مقاطع مورد مطالعه، شامل بلورهای درشت نیمه شکل‌دار گچ، کلسیت و فلدسپار پلاژیوکلاز بودند (شکل ۳-الف، ب و پ). هم‌چنین، عوارض خاک‌ساخت<sup>۵</sup> مربوط به تخلیه و تجمع کربنات‌ها و گچ و انتقال رس در برخی از افق‌های مورد مطالعه، قابل تشخیص بود (شکل ۳-الف، ب و پ). به‌علاوه، بررسی‌های میکرومورفولوژیک افق‌ها نشان‌دهنده حضور اشکال کرمی-شکل<sup>۶</sup>، عدسی‌شکل<sup>۷</sup>، صفحات در هم قفل‌شده گچی<sup>۸</sup> و نیمه شکل‌دار گچ در آن‌ها بود (شکل ۳-ب، پ، ت، خ، د و ر). با افزایش عمق، میزان بلورهای عدسی‌شکل، بیش‌تر شده است و حتی به‌صورت صفحات در هم قفل‌شده در آمده‌اند (به‌عنوان مثال، شکل ۳-ب و ج). به‌طور کلی، حضور آب و هوای خشک در منطقه که موجبات تجمع املاح و از جمله گچ را در خاک ایجاد کرده است، از یک‌سو و محدود نبودن فضا به‌دلیل درشت شدن بافت خاک‌های مورد مطالعه از سوی دیگر، امکان تشکیل صفحات در هم قفل‌شده گچی در اکثر افق‌های مورد مطالعه را فراهم نموده است.

در خاک‌ها معمولاً به‌دلیل وجود آن‌ها در مواد مادری می‌باشد (۹). پژوهشگران زیادی (۱۷، ۲) منشأ این کانی را در ایران مرکزی به ارث رسیده از مواد مادری گزارش نموده‌اند. بنابراین، کانی میکا نیز در خاک‌های منطقه دارای منشأ توارثی می‌باشد.

اقلیم خشک امروزی منطقه، شرایط لازم برای تغییر و تحول کانی‌های کلریت و یا میکا و تبدیل آن‌ها به کانی‌های با بار لایه‌ای کمتر (مانند ورمیکولیت و اسمکتیت) را فراهم نمی‌آورد. بنابراین، وجود کانی‌هایی چون ورمی‌کولیت و اسمکتیت در خاک‌های منطقه، مربوط به شرایط اقلیمی مرطوب‌تر گذشته و یا به ارث رسیده از مواد مادری می‌تواند باشد. الکساندر (۱) گزارش نموده که برای تبدیل کلریت به اسمکتیت، میانگین بارش سالانه منطقه باید حدود ۴۰۰ میلی-متر باشد. به‌علاوه، جابه‌جایی کربنات‌ها در خاک و تجمع آن‌ها به شکل نادل و پندانت در خاک‌های مورد مطالعه، نیازمند وجود رطوبت بیشتر نسبت به اقلیم کنونی منطقه است.

با توجه به شدت زیاد پیک کانی اسمکتیت در افق 2Btn خاک‌رخ شماره دو، به‌نظر می‌رسد که کانی‌های کلریت و ایلیت تحت شرایط هواپدیدگی بیشتر در اقلیم مرطوب گذشته به کانی اسمکتیت تبدیل شده‌اند. به‌عبارت بهتر، کانی اسمکتیت در این افق، به‌جز منشأ توارثی، دارای منشأ تغییر شکل یافته از کلریت و میکا نیز می‌باشد. به‌علاوه، صاف و کشیده بودن پیک اسمکتیت، حاکی از درجه تبلور خوب و مقدار کم بار لایه‌ای در این کانی است (۷).

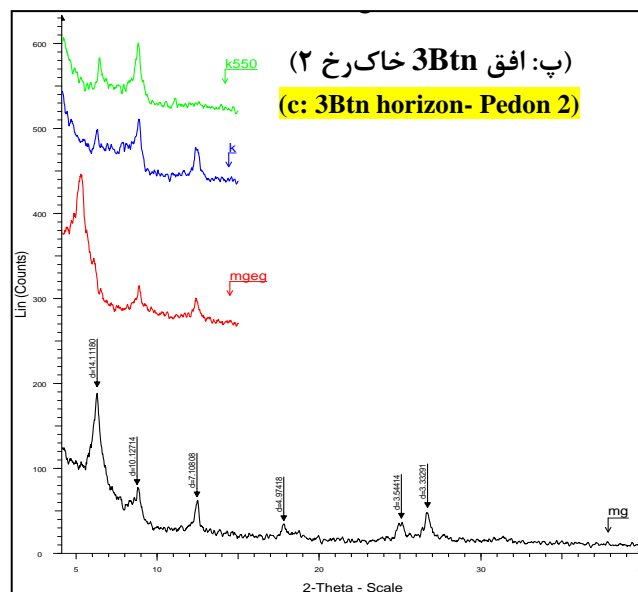
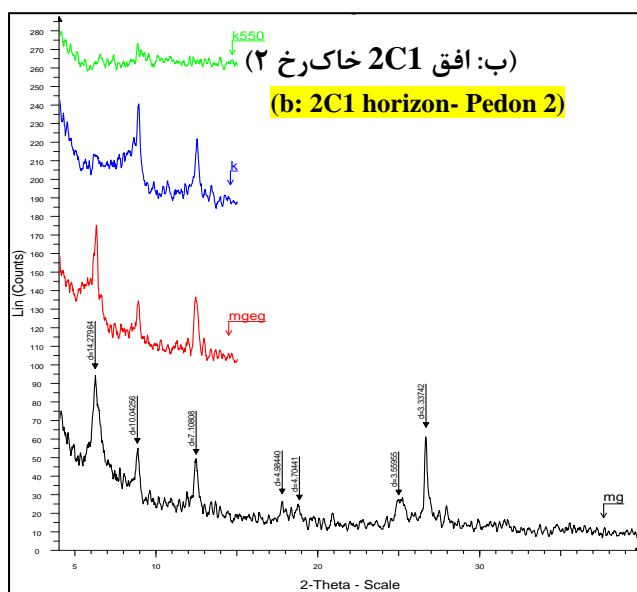
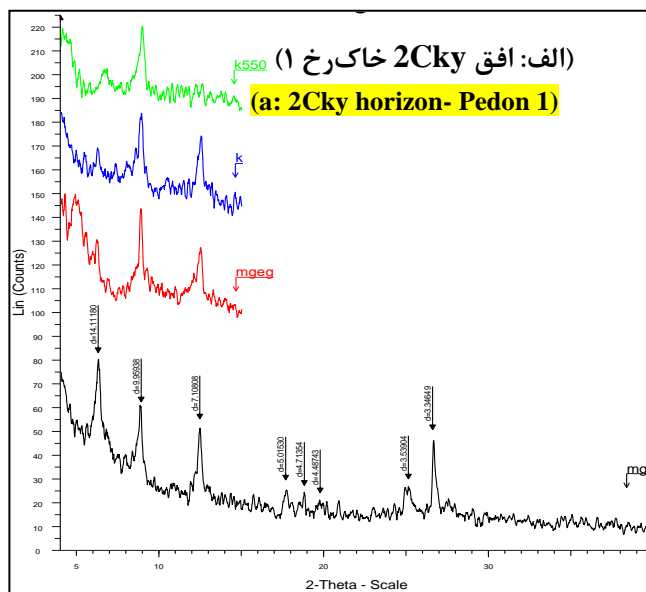
### میکرومورفولوژی خاک

برخی از مهم‌ترین خصوصیات میکرومورفولوژیکی افق‌های مورد مطالعه در جدول ۵ آورده شده‌اند. مشاهدات میکرومورفولوژی خاک در اکثر افق‌ها، ریزساختمان سطحی با حفرات حجره‌ای<sup>۱</sup> را نشان داد (جدول ۵ و شکل ۳-ج)؛ اما در افق CBk خاک‌رخ شماره پنج (حدواسط مخروط‌افکنه و پهنه رسی کشت‌نشده)، ریزساختمان توده‌ای<sup>۲</sup> مشاهده شد (شکل ۳-ژ) که نشانه نبود ساختمان طبیعی و مطلوب خاک

3 - Porphyric  
4 - Calcitic Gypsic Crystallitic  
5 - Pedofeatures  
6 - Vermicular  
7 - Lenticular  
8 - Interlocked gypsum plates

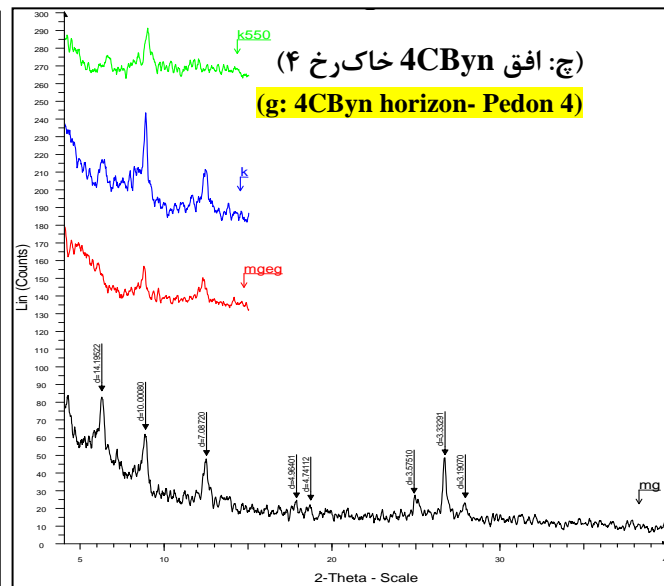
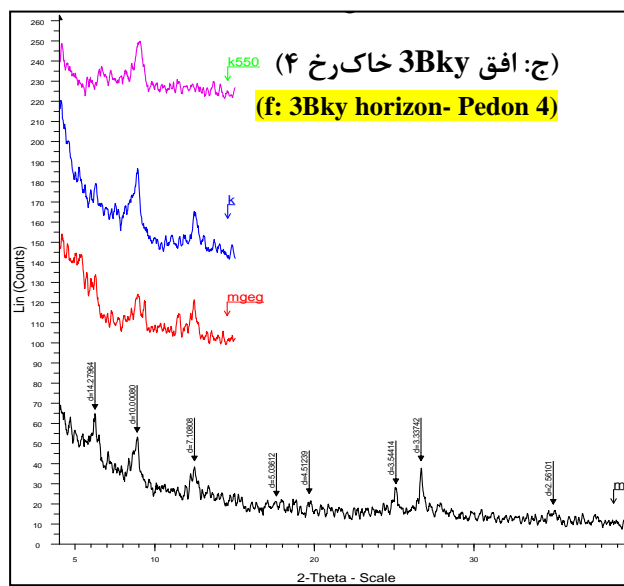
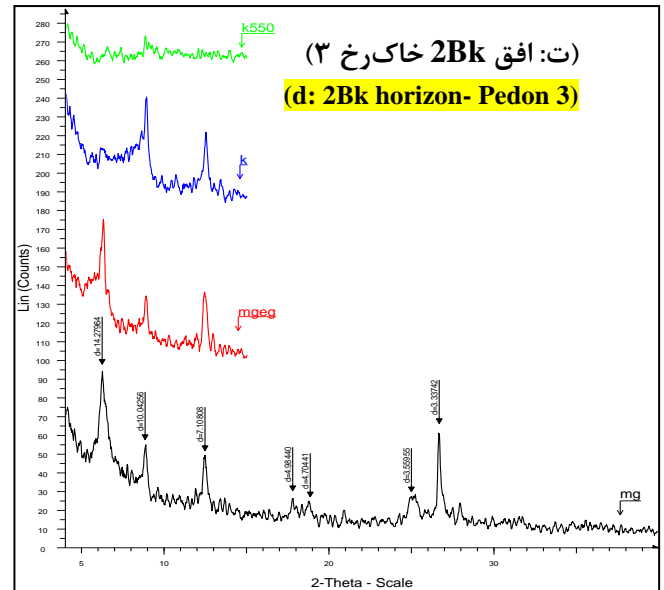
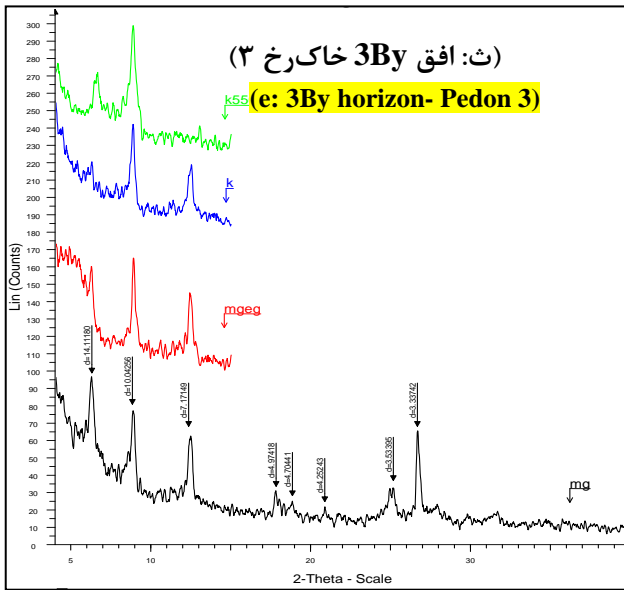
1 - Chamber  
2 - Massive



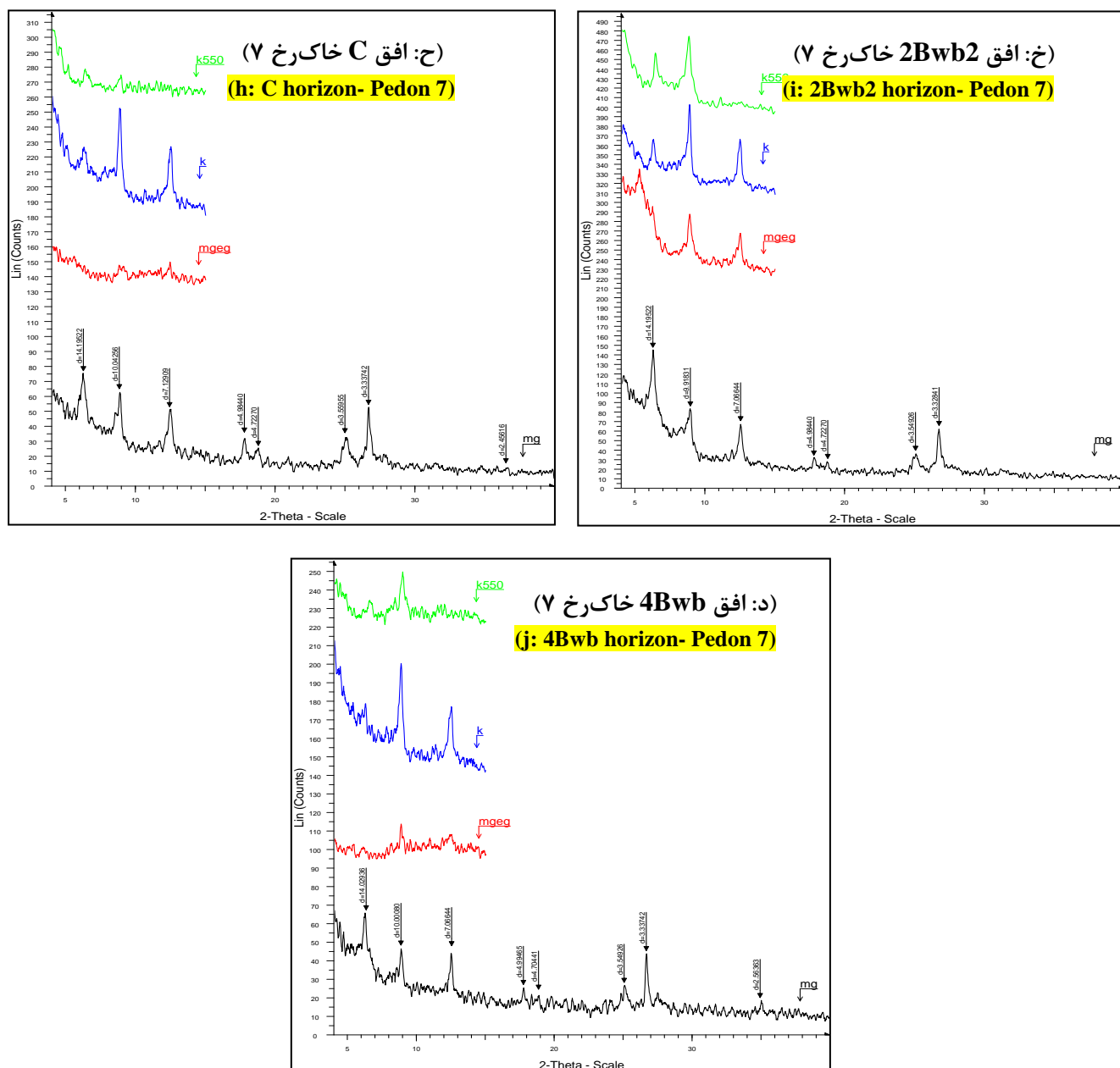


شکل (۲)

بنده الهی و همکاران: مطالعه تغییر و تحول خاک در...



ادامه شکل (۲)



شکل (۲) پراش نگار پرتو ایکس کانی‌های رسی برخی از افق‌های خاک‌رخ‌های مورد مطالعه (mg= تیمار اشباع با منیزیم، mgeg= تیمار اشباع با منیزیم و اتیلن گلیکول، k= تیمار اشباع با پتاسیم و k550: تیمار اشباع با پتاسیم و حرارت ۵۵۰ درجه سلسیوس)

Figure (2) X-ray diffractogram of clay fraction of some horizons of the studied pedons (mg= sample saturated with magnesium, mgeg= sample saturated with magnesium and ethylene glycol, k= sample saturated with potassium, and k550= sample saturated with potassium after heating to 550 °C)

جدول (۵) تغییرات پیک رده اول کانی‌های رسی موجود در خاک‌رخ‌های مورد مطالعه در تیمارهای مختلف بر حسب آنگستروم

Table (5) Peak changes of first-order clay minerals of the studied soil profiles in different treatments based on Angstrom

اشباع با پتاسیم و حرارت ۵۵۰ درجه سلسیوس K saturation with 550 °C	اشباع با پتاسیم K saturation	اشباع با منیزیم و اتیلن- گلیکول Mg and ethylene glycol saturation	اشباع با منیزیم Mg saturation	کانی رسی Clay mineral
10	10	10	10	میکا Mica
14	14	14	14	کلریت Chlorite
10	10	14-15.1	14	ورمی کولیت Vermiculite
10	12.5	15.6-17.1	14	اسمکتیت Smectite
LD <sup>1</sup>	7	7	7	کائولینیت Kaolinite

<sup>1</sup> Lattice destroyed

مطالعه خاک‌های منطقه جیرفت، به وجود این نوع عوارض خاک‌ساخت در خاک اشاره نموده‌اند. علاوه بر موارد بالا، پوشش و پوسته رسی ضعیفی در برخی مقاطع نازک مشاهده گردید (شکل ۳-ب)؛ البته وجود پوشش رسی در افق 3Btb خاک‌رخ شماره هفت، کاملاً مشهود است (شکل ۳-س). وجود پوشش و پوسته رسی، ناشی از شست‌وشوی رس و حرکت مکانیکی آن از افق‌های بالایی و تجمع آن در اطراف کربنات‌ها و یا حفره‌های زیرین خاک می‌باشد. به نظر می‌رسد که حضور گچ، کربنات‌ها و سدیم نسبتاً بالا در برخی افق‌های خاک‌رخ مورد مطالعه (خاک‌رخ شماره دو) سبب کاهش و درهم‌ریختگی پوسته‌های رسی گردیده است. رشیدی و همکاران<sup>۱</sup> (۱۸) و باهورزهی و همکاران<sup>۲</sup> (۵) نیز با مطالعه میکرومورفولوژی خاک‌های استان‌های فارس و سیستان و بلوچستان، نتایج مشابهی را گزارش نموده‌اند.

سرمست و همکاران (۲۴) تشکیل صفحات در هم قفل شده گچ در منطقه جیرفت را به تغییر رژیم رطوبتی در طی اقلیم‌های متفاوت و در نتیجه، حل و رسوب مجدد بلورهای گچ نسبت داده‌اند. از سوی دیگر، تشکیل بلورهای عدسی شکل گچ در افق 3Bbn خاک‌رخ دو را می‌توان به بافت ریز و درجه حرارت بالا در منطقه نسبت داد (شکل ۳-پ).

هم‌چنین حضور توأم کربنات‌ها و گچ در افق‌های 2Bky و 3Bbn خاک‌رخ دو، نشان از پلی‌ژنتیک بودن این خاک می‌تواند باشد (شکل ۳-پ). به دیگر سخن، به نظر می‌رسد که لایه‌های مختلف این خاک در شرایط اقلیمی متفاوت ایجاد شده باشند.

عوارض خاک‌ساخت آهکی غالب در منطقه شامل نادول‌های کلسیت و سنگ آهک می‌باشند (شکل‌های ۳- الف و ح). نادول‌های آهکی در نتیجه فرایندهای انحلال، انتقال و رسوب آهک در خاک به وجود می‌آیند (۲۴، ۳۲). حضور سنگ آهک در برخی از افق‌های منطقه، نشان‌دهنده اضافه شدن کربنات‌ها به خاک توسط مواد مادری است. سرمست و همکاران (۲۴) نیز ضمن

1- Rashidi *et al.*

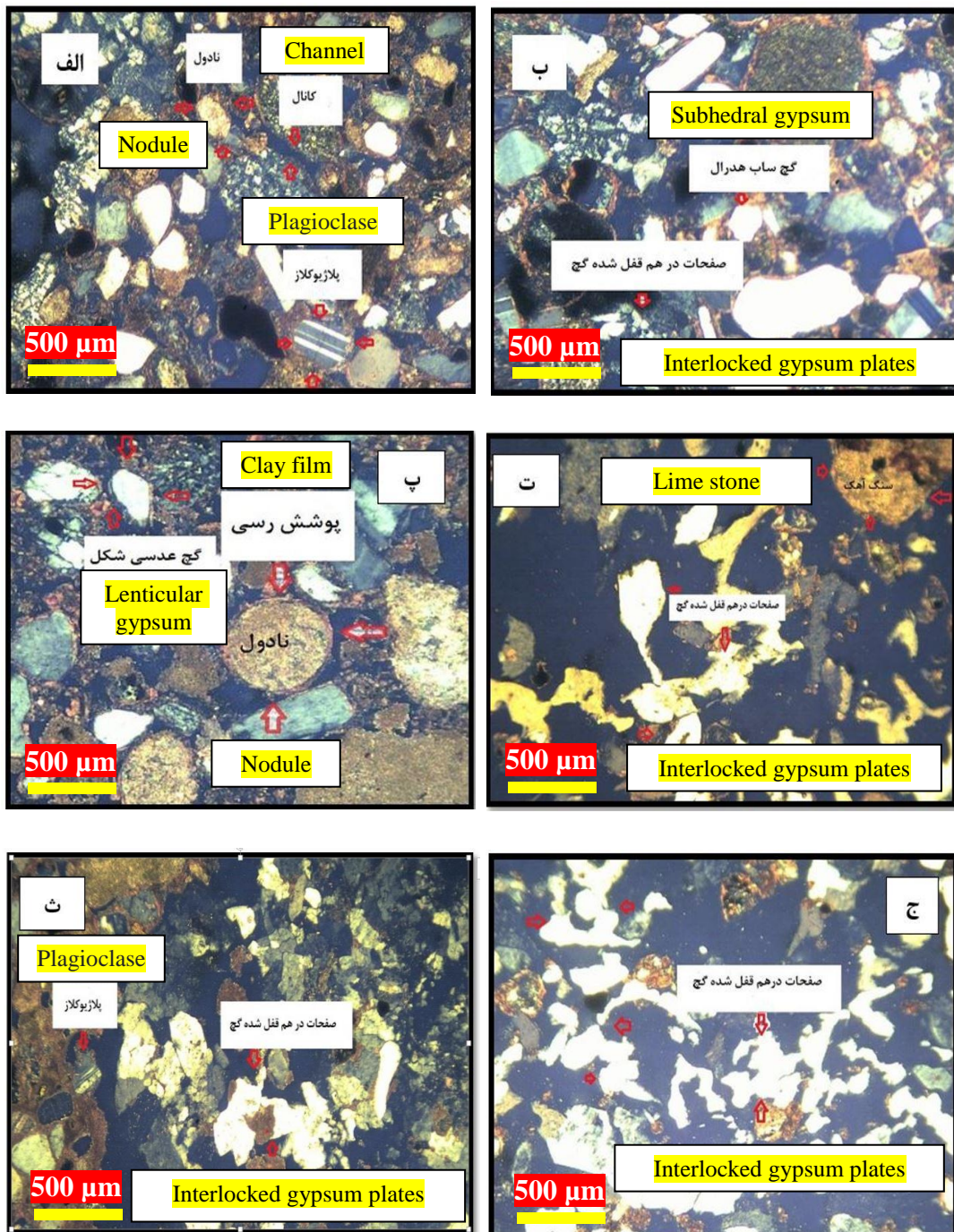
2- Bahorzehi *et al.*

جدول (۵) برخی از مهم ترین خصوصیات میکرومورفولوژیکی افق های مورد مطالعه

Table (5) Some of the most important micromorphological characteristics of the studied horizons

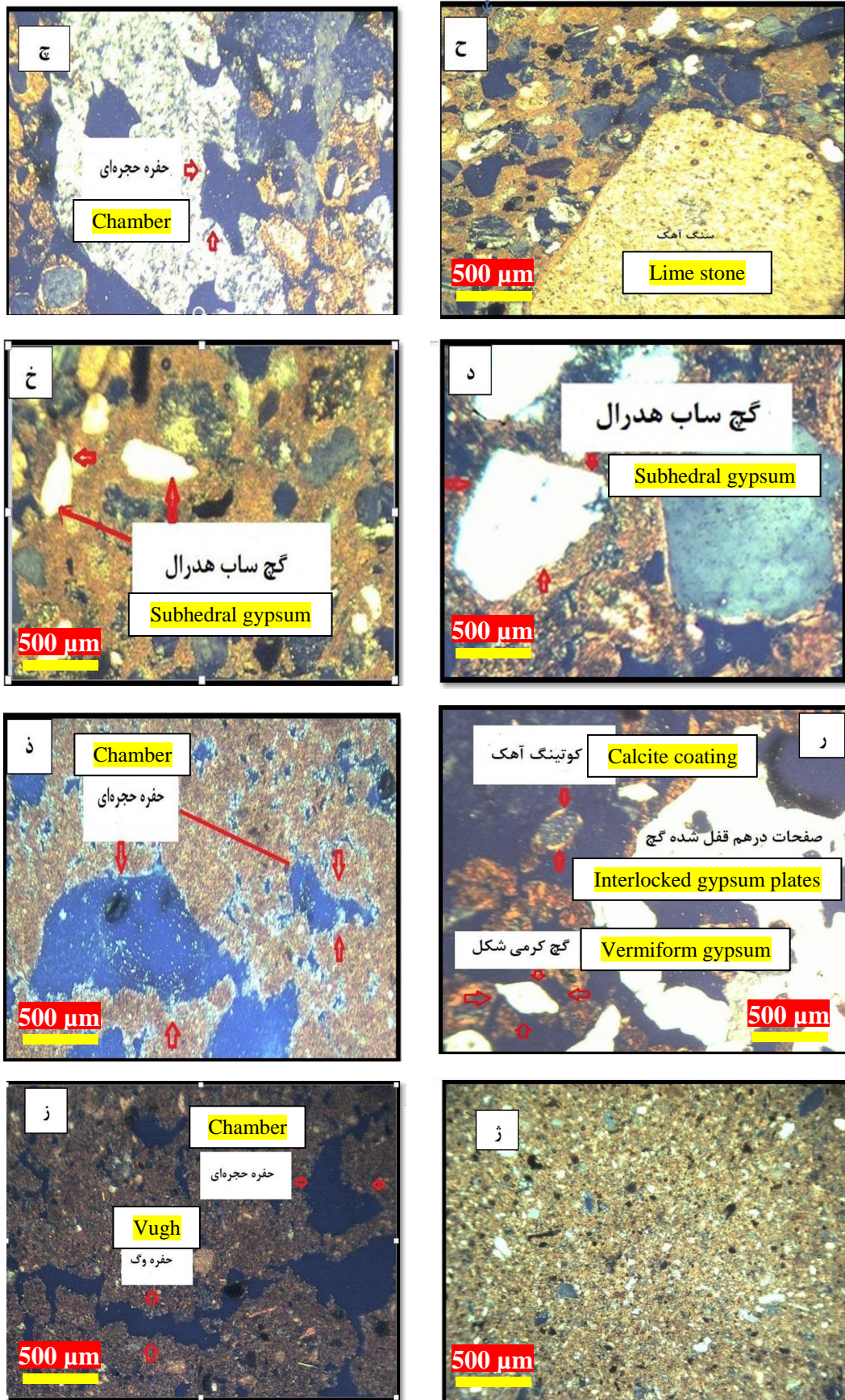
C/F <sub>20</sub>	ریزساختار Microstructure	حفرات Voids	بی فابریک b-fabric	عوارض خاک ساخت Pedofeatures	افق Horizon	شماره خاک رخ Pedon no.
Porphyric	کانالی Channel	کانال Channel	Calcitic Gypsic Crystallitic	صفحات در هم قفل شده گچ، گچ نیمه شکل دار، نادول کلسیت و پلاژیو کلاز Interlocked gypsum plates, Subhedral gypsum, Calcite nodule and plagioclase	2Cky	1
Porphyric	وزیکولی Vesicular	وزیکول Vesicular	Calcitic Crystallitic	پوشش رس بر روی نادول های کلسیت، گچ عدسی شکل Clay coating on calcite nodules, Lenticular gypsum	3Btn	2
Porphyric	حجره ای Chamber	حجره ای Chamber	Calcitic Gypsic Crystallitic	سنگ آهک و صفحات در هم قفل شده گچ Limestone and interlocked gypsum plates	2Bk	3
Porphyric	حجره ای Chamber	حجره ای Chamber	Gypsic Crystallitic	صفحات در هم قفل شده گچ Interlocked gypsum plates	3By	
Porphyric	حجره ای Chamber	حجره ای Chamber	Calcitic Gypsic Crystallitic	صفحات در هم قفل شده گچ و سنگ آهک Interlocked gypsum plates and limestone	2Bw	
Porphyric	حجره ای Chamber	حجره ای، کانال Chamber, Channel	Gypsic Crystallitic	گچ نیمه شکل دار و سنگ آهک Subhedral gypsum and limestone	3Bky	4
Porphyric	حجره ای Chamber	حجره ای Chamber	Gypsic Crystallitic	صفحات در هم قفل شده گچ Interlocked gypsum plates	4CByn	
Porphyric	حجره ای Chamber	وگ، حجره ای Vugh, Chamber	Calcitic Gypsic Crystallitic	پوشش آهک، صفحات در هم قفل شده و کرمی شکل گچ Calcite coating, Interlocked gypsum plates and vermiform gypsum	4Bkyn	5
Porphyric	حجره ای Chamber	حجره ای Chamber	Calcitic Crystallitic	پوشش رسی Clay coating	3Btb	7

بنده الهی و همکاران: مطالعه تغییر و تحول خاک در...



شکل (۳)

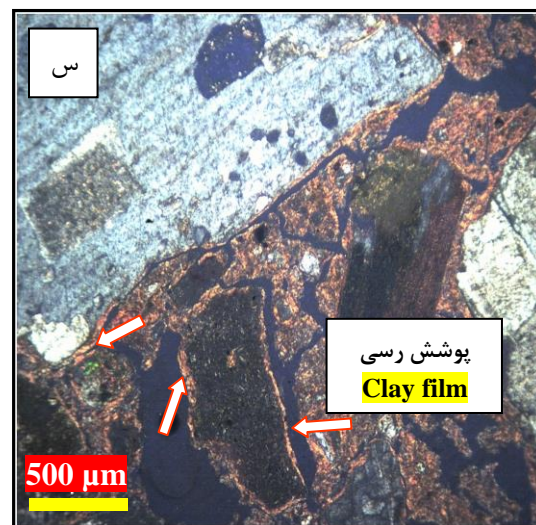




ادامه شکل (۳)

منطقه از یک سو و اضافه شدن لایه‌های رسوبی مختلف در زمان‌های متفاوت (که باعث جوان شدن مجدد خاک‌ها می‌شود) از سوی دیگر، باعث شده که علی‌رغم وجود تجمعات گچ و کربنات کلسیم در برخی از خاک‌رخ‌ها، به‌طور کلی خاک‌های منطقه از تکامل نسبی بالایی برخوردار نباشند. در نتیجه، تفاوت چندانی بین خاک‌های موجود در ژئوفرم‌های مختلف دیده نشد.

مقایسه نتایج حاصل از دو سامانه رده‌بندی آمریکایی (۲۰۱۴) و طبقه‌بندی جهانی (۲۰۱۵) نیز نشان داد که به‌طور کلی تطابق نسبتاً خوبی بین این دو سامانه در رابطه با طبقه‌بندی خاک‌رخ‌های مورد مطالعه وجود دارد. علاوه بر این، نتایج کانی‌شناسی رس حاکی از حضور کانی‌های میکا، کلریت، ورمی‌کولیت، اسمکتیت و کائولینیت در منطقه بود که اغلب این کانی‌ها از مواد مادری منطقه به ارث رسیده بودند. بررسی مقاطع نازک تهیه‌شده از برخی افق‌های خاک نیز نشان داد که اشکال مختلف تجمع گچ به‌صورت کرمی‌شکل، عدسی‌شکل، صفحات در هم قفل‌شده و نیمه شکل‌دار وجود دارند. همچنین، عوارض خاک‌ساخت آهکی غالب در منطقه شامل نادل‌های کلسیت و سنگ آهک بودند. با توجه به اقلیم خشک منطقه مطالعاتی و عدم وجود شرایط لازم برای آب‌شویی گچ و کربنات‌ها، بی‌فابریک مشاهده‌شده در اکثر افق‌ها از نوع کلسیتیک ژیسیک کریستالیتیک بود. به‌طور کلی، نقش عوامل خاک‌ساز اقلیم و ماده مادری در تغییر و تحول خاک‌های منطقه داوران بارز و مشهود می‌باشد؛ به‌طوری که خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، کانی‌شناسی رس و میکرومورفولوژی خاک‌های موجود در ژئوفرم‌های مختلف را تحت تأثیر قرار داده‌اند.



ادامه شکل (۳)

شکل (۳) مقاطع نازک تهیه‌شده در شرایط XPL برای برخی از افق‌های خاک‌رخ‌های مورد مطالعه (الف و ب: افق 2Cky خاک‌رخ یک؛ پ: افق 3Btn خاک‌رخ دو؛ ت و ث: افق‌های 2Bk و 3By خاک‌رخ سه؛ ج و چ: افق 2Bw خاک‌رخ چهار؛ ح و خ: افق 3Bky خاک‌رخ چهار؛ د و ذ: افق 4CByn خاک‌رخ چهار؛ ر و ز: افق 4Bkyn خاک‌رخ پنج؛ ژ: ساختمان توده‌ای افق CBk خاک‌رخ پنج؛ س: افق 3Btb خاک‌رخ هفت)

Figure (3) Thin sections (XPL) of some horizons of the studied pedons (a and b: 2Cky horizon of pedon 1; c: 3Btn horizon of pedon 2; e and f: 2Bk and 3By horizons of pedon 3; g and h: 2Bw horizon of pedon 4; i and j: 3Bky horizon of pedon 4; k and l: 4CByn horizon of pedon 4; m and n: 4Bkyn horizon of pedon 5; o: massive structure of CBk horizon of pedon 5; p: 3Btb horizon of pedon 7)

### نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که حضور توأمان رسوبات آبرفتی و بادرفتی در ژئوفرم‌های گوناگون منطقه داوران رفسنجان، باعث ایجاد خاک‌های لایه‌لایه در آن‌ها شده است. همچنین، بافت غالب خاک‌های منطقه از نوع شنی، شن لومی و لوم شنی می‌باشد. وجود آب و هوای خشک و نبود پوشش گیاهی قابل توجه در



## References

1. Alexander, E. B. 2014. Arid to humid serpentine soils, mineralogy, and vegetation across the Klamath Mountains, USA. *Catena* 116: 114-122.
2. Barnhisel, R.I. and Bertsch, P.M. 1989. Chlorites and hydroxy-interlayered vermiculite and smectit. In: Dixon, J. B. and S. B. Weed (eds.), *Minerals in Soil Environments*. Soil Science Society of America, Madison, WI. pp. 729-788.
3. Bullock, P., Fedoroff, N., Jongerius, A., Stoops, G. and Tursina, T. 1985. *Handbook for soil thin section description*. Waine Research Publication. Wolverhampton, UK.
4. Boroomand, N, Sanjari, S. 2015. Clay Mineralogy Studies of Soils Located on Different Geomorphic Surfaces in Jabalbarez-Jiroft Area. *Journal of Water and soil*,30 (4), 1130-1141. (In Persian)
5. Bahorzehi, M.A., Farpoor, M, Jafari, A. 2016. How to form and evolve soils in mountain Birk-Mehrestan city at different geomorphic levels. *Journal of Water and Soil* 30 (2), 568-555. (In Persian)
6. Day, J. H. 1983. The Canadian Soil Information System (CanSIS). Manual for describing soils in field. Agriculture Canada Expert Committee on Soil Survey. Agric. Can., Res. Branch, Ottawa, Ontario.
7. Dixon, J.B. and Weed, S.B. 1989. *Minerals in Soil Environments* (2<sup>nd</sup> Ed.). Soil Science Society of America, Madison.
8. Esfandiarpour Boroujeni, I, Farpoor, M.H., Kamali, A. 2011. Comparison Between Soil Taxonomy and WRB for Classifying Saline Soils of Kerman Province. *Journal of Water and soil*. 25 (5), 1158-1171. (In Persian).
9. Ghasemzadeh Ganjehie, M, Karimi, A, Zeinadini, A, Khorassani, R. 2016. Investigation of Clay Mineralogy, Micromorphology and Evolution of Soils in Bajestan Playa. *Journal of Water and Soil*, 30(6). 2046-2059. (In Persian)
10. Hosseini, S, Esfaniarpour Boroujeni, I, Farpour, M.H, Karimi, A. R. 2014. Comparison of soil development indices a, long Kerman- Baft transect. Master Thesis. (In Persian)
11. IUSS Working Group WRB, 2015. World reference base for soil resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. In: *World Soil Resources Reports No. 106*. FAO, Rome.
12. Jaramillo, S. S., McCarthy, P. J., Trainor, T. P., Fowell, S. J., and Fiorillo, A. R. 2015. Origin of clay minerals in alluvial paleosols, prince creek formation, North slope, Alaska, USA: Influence of volcanic ash on pedogenesis in the late cretaceous arctic. *Sedimentary Research*, 85(2), 192-208.
13. Kittrick, J.A., Hope, E.W. 1963. A procedure for the particle-size separation of soils for X-ray diffraction analysis. *Soil Science*, 96(5), 319-325.
14. Li, B., Sun, D., Xu, W., Wang, F., Liang, B. Ma. Z. and Chen, F. 2017. Paleomagnetic chronology and paleoenvironmental records from drill cores from the Hetao Basin and their implications for the formation of the Hobq Desert and the Yellow River. *Quaternary Science Reviews*, 156: 69-89.
15. Ma, X., Asano, M., Tamura, K., Zhao, R., Nakatsuka, H., Wang, T. 2020. Physicochemical properties and micromorphology of degraded alpine meadow soils in the Eastern Qinghai-Tibet Plateau. *Catena*, 194, 104649.
16. Moghbel, Z, Owliaie, H. R, Sanjari, S, 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).

17. Nadimi, M. and Farpoor, M.H. 2013. Genesis and clay mineralogy of soils on different geomorphic surfaces in Mahan-Joupar area, Central Iran. *Arabian Journal of Geoscience*, 6 (3): 825–833.
18. Rashidi Koochi, Z, Karimi, A, Khormali, F, Farpoor, M. H. 2020. Reconstruction of pedogenesis periods and palaeoclimate of Late Pleistocene and Holocene in Iranian plateau. PhD Thesis.
19. Stoops, G., 2003. *Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections*. Soil Science Society of America, Madison, 184p.
20. Stoops, G., Langohr, R., Van Ranst, E. 2020. Micromorphology of soils and palaeosoils in Belgium. An inventory and meta-analysis. *Catena*, 194, 104718.
21. Schoeneberger P. D. and Wysocki E. Benham. Soil Survey Staff. 2012. Field Book for Describing and Sampling Soils, Version 3.0, Nat. Resour. Conserv. Serv., Natl. Soil Surv. Cent., Lincoln.
22. Sarmast, M., Farpoor, M. H. and Esfandiarpour-Boroujeni, I. 2016. Comparing Soil Taxonomy (2014) and updated WRB (2015) for describing calcareous and gypsiferous soils, Central Iran. *Catena*, 145: 83-91.
23. Sarmast, M., Farpoor, M.H. and Esfandiarpour Boroujeni, I. 2017. Soil and desert varnish development as indicators of landform evolution in central Iranian deserts. *Catena*, 149: 98–109.
24. Sarmast, M., Farpoora, M. H., Jafaria, A., Esfandiarpour Boroujeni, I. 2019. Tracing environmental changes and paleoclimate using the micromorphology of soils and desert varnish in central Iran. *Desert*, 24(2), 331–353.
25. Schaetzl, R.J., Thompson, M.L. 2015. *Soils Genesis and Geomorphology*. 2nd edition, Cambridge University Press, New York. Soil Survey Staff. 2014. *Keys to Soil Taxonomy*. 12th ed. USDA. SCS. Agric. U.S. Gov. Print office. Washington. D.C. 362p.
26. Soil Science Division Staff, 2017. *Soil Survey Manual*. U.S. Department of Agriculture, Handbook No. 18. pp. 605.
27. Soil Survey Staff, 1996. *Soil survey laboratory methods manual*. Report no. 42. USDA, NRCS, NCSS, USA.
28. Soil Survey Staff. 2014. *Keys to Soil Taxonomy*. 12th. ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.
29. Silva, M. L. D., Batezelli, A., Ladeira, F. S. B. 2017. Micromorphology of Paleosols of the Marília formation and their significance in the paleoenvironmental evolution of the Bauru Basin, upper Cretaceous, southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 41.
30. Sanjari, S. 2021. Formation and evolution of soil on different land forms in Jazmourian basin. PhD Thesis, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science. Kerman Shahid Bahonar University. (In Persian)
31. Sanjari, S., Farpoor, M.H. Karimian Iqbal, M., and Esfandiarpour Boroujeni, A. 2011. Formation, micromorphology and mineralogy of soils located on various geomorphic surfaces in Jiroft region. *Journal of Water and Soil*. 2, 425-411. (In Persian)
32. Shamsaldini, M. 2017. Physical, chemical and micromorphological characteristics of soils in Rabar region in the form of a low and high row. Master Thesis in Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman. (In Persian)
33. Sun, Z. X., Wang, Q. B., Han, C. L., Zhang, Q. J. and Owens, P. R. 2016. Clay mineralogical-characteristics and the palaeoclimatic significance of a Holocene to Late Middle Pleistocene loess palaeosol sequence from Chaoyang, China. *Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 106(3): 185-197.

34. Woronko, B., Dluzewski, M., and Woronko, D. 2017. Sand-grain micromorphology used as a sediment-source indicator for Kharga Depression dunes (Western Desert, S Egypt). *AAeolian Research*, 29, 42-54.
35. Zinck, J. A. 2013. *Geopedology: Elements of Geomorphology for Soil and Geohazard Studies*. ITC Special Lecture Notes Series, Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation, Enschede, The Netherlands, 135 p.