نشریه دانش آب و خاک / جلد 26 شماره 2/1 صفحه‌های 191 تا 204/ سال 1395

رابطه تکامل خاک و تنوع شکل اراضی در دشت تبریز

لیلا جهانبازی*[1]، علی‌اصغر جعفرزاده[2]، حامد فروغی‌فر[3]

تاریخ دریافت: 93/02/05 تاریخ پذیرش: 95/02/13

[1]- دانشجوی سابق دوره کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

[2]- استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

[3]- استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند

*مسوول مکاتبات، پست الکترونیکی: Leila.jahanbazii@gmail.com

چکیده

جهت حفظ حاصل‌خیزی و افزایش بهره‌وری خاک در کشاورزی پایدار، آگاهی از ویژگی‌های مختلف آن ضروری می‌باشد. در این تحقیق ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و مورفولوژیکی خاک در دشت تبریز مطالعه وتأثیر شکل اراضی بر آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت و رده‌بندی خاک‌ها نیز انجام شد. پنج خاکرخ در تپه، دشت دامنه‌ای، دشت آبرفتی رودخانه‌ای، دشت آبرفتی دریاچه‌ای و اراضی پست حفر و رژیم رطوبتی و حرارتی خاک مشخص گردید. از واحد تپه به سمت اراضی پست افزایش مقدار رس، کربن آلی و CEC، ضخامت سالوم و کاهش ذرات درشت‌تر از شن بهمراه تغییر کلاس بافتی در اثر فرآیندهای خاک‌سازی نشان‌دهنده تکامل بیشتر خاک‌های واقع در پایین دست شیب نسبت به بالا دست آن می‌باشد. این امر مؤید نتایج مورفولوژیکی بوده، به‌طوری‌که تپه با منشأ مواد مادری ماسه سنگ و مارن‌های الوان و ضخامت سالوم کمتر در رده انتی‌سول قرار می‌گیرد و سایر لندفرم‌ها با منشأ مواد مادری آبرفتی و ضخامت سالوم بیشتر در رده اریدی‌سول قرار می‌گیرند. در نهایت خاک‌های تحت بررسی بر اساس کلید رده‌بندی (2014) در رده‌های Aridisol و Entisol، زیر رده‌های Calcids, Argids, Salids, Orthent با گروه‌های بزرگ Haplocalcids, Natrargids, Haplosalids, Torriorthent و زیر گروه‌های Xeric Haplocalcids, Xeric Natrargids, Typic Haplosalids, Xeric Torriorthent رده‌بندی شدند.

واژه‌های کلیدی: تکامل خاک، دشت تبریز، شکل اراضی

Relation between Soil Evolution and Landforms Diversity in Dasht-E-Tabriz

L Jahanbazi[*1], AA Jafarzadeh[2], H Forughyfar[3]

Received: 25 April 2014 Accepted: 02 May 2016
[1]Former MSc Student, Soil Science Dept., Faculty of Agric., Univ. of Tabriz, Tabriz, Iran
[2] Prof. Soil Science Dept., Faculty of Agric., Univ. of Tabriz, Tabriz, Iran
[3] Assist. Prof. Soil Science Dept., Faculty of Agric., Univ. of Birjand, Birjand, Iran
* Corresponding Author, Email**:** Leila.jahanbazii@gmail.com

Abstract

For maintenance of soil fertility and increasing of soil utilization in sustainable agriculture, the information from soil characteristics is necessary. In this research work, effects of landforms on soil morphological and physico-chemical characteristics in Dasht-E-Tabriz were studied and soils were classified. Five profiles in landforms of hill, piedmont, river alluvial plain, playa and lowland were dug and soil moisture and temperature regimes were determined. From hill to lowland, increasing trend of clay, OC, CEC content and depth of soil solum with decreasing of gravel percentage with changing of textural classes showed more development of downstream soils than upstream ones by soil forming processes. This confirmed morphological results, that hill with colorful marn and sandstone parent material and thin solum took place in Entisol order and other landforms with alluvial parent material and thick solum were classified in Aridisol order. Finally, Soils according to Keys to Soil Taxonomy (2014) were classified in Aridisol and Entisol orders, suborder of Calcids, Argids, Salids and Orthent, with great groups of Haplocalcids, Natrargids, Haplosalids and Torriorthent and subgroups of Xeric Haplocalcids, Xeric Natrargids, Typic Haplosalids and Xeric Torriorthent.

Key words: Dasht_e_Tabriz, Landform, Soil Evolution

مقدمه

خاک از مهم‌ترین اجزای طبیعت به‌شمار می‌رود که در طی قرون و اعصار گذشته همواره به نحوی در زندگی و بقای بشر مؤثر بوده است. امروزه با توجه به افزایش روزافزون جمعیت و از سوی دیگر، بالا رفتن سطح زندگی مردم در نتیجه پیشرفت و توسعه جوامع بشری، نیاز به افزایش تولیدات کشاورزی و غذایی بیشتر آشکار گردیده است. بنابراین بهره‌برداری اصولی، علمی و مناسب از این منبع بزرگ تولید مواد غذایی ضروری بوده و لازم است با مطالعه و شناخت دقیق‌تر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، مرفولوژیکی، کانی-شناسی و رده‌بندی خاک در جهت استفاده و بهره‌وری بیشتر و مناسب‌تر از خاک گام‌های استوارتری برداشته شود (جعفر زاده و همکاران 1377). همچنین به‌منظور حفظ اراضی و افزایش امکان بهره‌برداری از خاک بایستی یک سری از اطلاعات مربوط به خاک (فیزیکوشیمیایی، مرفولوژیکی، کانی‌شناسی و غیره) تهیه و رده‌بندی آن‌ها انجام گیرد، تا برنامه‌ریزی مناسبی برای مدیریت آن‌ها در شرایط مختلف زمین‌نما، شکل اراضی و سطوح زمین‌ریخت‌شناسی صورت پذیرد. در اثر عوامل خاک‌سازی (اقلیم، موجودات زنده، پستی‌وبلندی، مواد مادری و زمان) تشکیل خاک در شرایط معینی شروع و به‌وسیله فرآیندهای خاک‌سازی تکمیل می‌شود. هر یک از ویژگی‌های مختلف خاک اعم از واکنش خاک، مقدار و نوع رس، تخلخل، جرم مخصوص ظاهری و حقیقی، کربنات‌ها و غیره تحت

تأثیر این عوامل خاک‌ساز قرار می‌گیرند (بایبوردی 1378). توزیع جغرافیایی خاک‌ها بر اساس عوامل خاک-سازی متفاوت خواهد بود و در نتیجه آن خاک‌های مختلفی با خواص شناسایی و استعداد و امکانات متفاوت و گاهی نیز با انواع محدودیت‌ها به وجود می‌آید (جعفری و سرمدیان 1382). در علم ژنز یا تشکیل خاک فاکتورها و فرآیندهای مؤثر در تکامل خاک به علت تأثیر آن‌ها بر تمام خواص خاک از جایگاه ویژه‌ای برخوردارند. بر اساس نظریه پیشگامان علوم خاک، خاک شامل پیکره طبیعی و دینامیک است که خصوصیات آن ناشی از اثرات اقلیم و فعالیت‌های زیستی تحت تأثیر توپوگرافی بر روی مواد مادری در طول زمان است (بردی و ویل 1999). به‌طورکلی در طول عمر کره زمین اقلیم و شرایط اکولوژیکی زمین در طی دوره‌های زمین‌شناسی بارها دچار تغییرات و نوسانات شدیدی شده است. این دگرگونی‌های آب و هوایی در ایران نیز مشهود بوده و به‌عنوان یک عامل فعال در خاک سازی باعث ایجاد اختلافات فاحشی در ویژگی‌های خاک و دیگر اجزای اکوسیستم شده و سرعت تکامل خاک را تحت تأثیر قرار داده است. در اثر تغییرات اقلیمی اواخر دوره پلیوسن بالاروی زاگرس به‌طور شدیدی آغاز شده و مناطق با توپوگرافی‌های متفاوت را به وجود آورده است (درویش‌زاده 1370، رمضان‌پور و جلالیان 1381). این تغییرات می‌تواند کاهش اندازه ذرات، تغییرات میزان مواد آلی، رطوبت و رنگ خاک، ضخامت سالوم، جابجایی و تجمع مواد قابل ترسیب مانند کربنات کلسیم ثانویه و آهن آزاد را باعث شده و سرعت تکامل خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد (جعفرزاده و همکاران 1377، تیمسون 1992). پستی‌وبلندی یکی از متغیرهای مستقل در تشکیل خاک است و نه‌تنها مقدار آب واردشده در خاک را تعیین و کنترل می‌کند بلکه با تسریعی که در عمل فرسایش فراهم می‌سازد، تکامل خاک را به تعویق می‌اندازد. همچنین مطالعه خاک‌های مناطق نیمه‌خشک، کاهش مقدار ذرات درشت را همزمان با کاهش شیب گزارش کرده است و به خاک‌های تشکیل‌شده روی شیب‌های تند کوهستانی با مقدار زیادی سنگریزه و نیز خاک‌های مناطق پست با مقدار زیادی رس اشاره گردیده است که دلیل این امر مربوط به پدیده هوادیدگی و فرسایش و رسوب دانسته شده است (فیتزپاتریک 1986). در مطالعه دیگری نیز به تشکیل خاک‌های با تحول کمتر روی شیب‌های تند، خاک‌های با تحول نسبی متوسط، روی شیب‌های کم و نهایتاً خاک‌های با تحول بیشتر بر روی اراضی مسطح گزارش شده و بر رابطه جذب و نفوذ آب به داخل خاک و عامل پستی بلندی تأکید گردیده است (سیبرت و همکاران 2007). همچنین ریزتر شدن بافت خاک همزمان با کاهش شیب در نواحی نیمه‌خشک جنوب ایران نیز گزارش شده است به‌طوری‌که با کاهش شیب مقدار نفوذ آب به خاک افزایش یافته و شرایط هوادیدگی فراهم‌تر شده و رس بیشتری تولید می‌گردد و همچنین افزایش شستشوی مواد ریز در اثر فرسایش از مناطق بالادست و رسوب در مناطق پست دلیل دیگری بر این امر هست (ابطحی1980، زارعیان و همکاران 1392). در مطالعه دیگر محققان در بررسی تأثیر توپوگرافی بر تحول و تشکیل خاک‌های منطقه سروستان شیراز بیان داشتند که خاک‌های با شوری کم و بافت درشت در ارتفاعات و خاک‌های با شوری زیاد و بافت ریز در نقاط پست قرار می‌گیرند (ابطحی و صلحی 1371). مطالعه اثر پستی‌وبلندی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و تکامل خاک در دشت زحمت‌کشان استان کرمان نشان داد که با حرکت از تپه به‌سوی اراضی پست کاهش در درشتی بافت، کاهش میزان سنگریزه، افزایش میزان رس، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، افزایش شوری و سدیمی بودن خاک و تکامل خاکرخ رخ داده است. شوری و سدیمی بودن خاک در پلایا بیشترین میزان بوده که مربوط به بالا بودن سطح آب زیرزمینی شور، بافت سنگین و به دنبال آن حرکت کاپیلاری آب و تجمع املاح در سطح خاک هست (رضایی حسین‌آباد و همکاران 1392).

پال و همکاران (2003) با مطالعه خاک‌های سدیمی هند متوجه شدند که در ارتفاعات بالاتر که

شیب کمتر است خاک‌های غیر سدیمی یا نسبتاً سدیمی تشکیل شده‌اند و در اراضی پست خاک‌ها به‌طرف سدیمی شدن متمایل می‌شوند. آنان علت این امر را به سیل‌گیر بودن و در معرض تری و خشکی قرار داشتن اراضی پست ربط داده و بیان کردند که سدیم حاصل از تجزیه فلدسپار آرام‌آرام توسط سیلاب‌ها به این نقاط پست اضافه شده و سبب سدیمی شدن آن‌ها گردیده است.

همچنین وجود ذرات درشت در بالادست و مقدار زیاد رس همراه با خواص ورتیک در پایین‌دست یک ردیف توپوگرافی توسط جعفرزاده (1385) در اطراف میانه گزارش شده است. در مطالعه‌ی یک ردیف زمانی در کالیفرنیا از فاکتور ظرفیت تبادل کاتیونی برای تعیین تکامل خاک استفاده و به‌وسیله افزایش مواد آلی گزارش شده است. همچنین با افزایش توسعه و تکامل خاک ظرفیت تبادل کاتیونی نیز افزایش یافته (لیلین فین و همکاران 2003) و در مطالعه دیگری نشان داده شده است که با افزایش سن خاک، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی نیز مشاهده می‌گردد (احمد و همکاران 1977). عمق کربنات کلسیم معادل نیز تحت تأثیر لندفرم‌ها قرار می‌گیرد (پنوک و همکاران 1987) و طبق بررسی‌های انجام‌شده تکامل خاک در ریز بودن بافت و تجمع کربنات کلسیم ثانویه مشاهده می‌گردد (بروئر و والکی 1969). در رابطه با جرم مخصوص ظاهری خاک باید گفت که این فاکتور تابعی از مقدار مواد آلی، بافت، تخلخل و درجه تکامل ساختمان خاک هست. تغییر کاربری اراضی مرتعی اغلب سبب تخریب ساختمان خاک و کاهش میزان مواد آلی و در نتیجه سبب کاهش تخلخل و افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک می‌گردد (بائر و بلک 1981، اکبرگ و ریلی 1997). بر اساس مطالعات انجام‌شده توسط بولینگ و همکاران (2008) در جنوب شرق آسیا به دلیل میزان رس کمتر در بالای توپوسکونس در مقایسه با قسمت پایین آن، میزان ظرفیت تبادل کاتیونی و کربن آلی از بالا به پایین افزایش یافته، درحالی‌که جرم مخصوص ظاهری از بالا به پایین کاهش می‌یابد. بنابراین در مسیر تکاملی خاک با تغییر ویژگی‌ها، جرم مخصوص ظاهری نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

هر نوع خاک در یک زمین‌نما، موقعیت و وضعیت اکولوژیکی خود را دارا هست، همچنین در یک ردیف پستی‌وبلندی، خاک‌ها دارای تنوع سیستماتیک بوده و قسمتی از این تغییرات به عوامل اقلیم و توپوگرافی مربوط می‌شود (مارکوس و مرکلی 2007). زمین‌نماها مخلوطی از واحدهای اراضی با اندازه، شکل و آرایش مکانی هستند که دائم تحت تأثیر وقایع طبیعی و فعالیت‌های انسانی قرار دارند و لزوم درک پویایی و نایکنواختی زمین-نماها و تغییرات محیطی اهمیت به سزایی دارد. باید توجه داشت که خصوصیات زمین‌نما با تشکیل خاک ارتباط تنگاتنگ داشته و تکامل آن، نهایتاً باعث تکامل خاک می‌گردد. هر چند پیدایش شکل اراضی منجر به پیدایش خاک می‌گردد ولی درعین‌حال در نقشه-برداری خاک مرز شکل اراضی، همان مرز خاک نیست و به دلیل خصوصیات پیچیده خاک می‌توان در یک لندفرم بیش از یک نوع خاک در روی نقشه جدا کرد. در شرایط خشک و نیمه‌خشک، تغییرات شرایط اقلیمی تأثیر شگرفی بر طبیعت فرآیندهای هیدرولوژی و ژئومرفولوژی برای تشکیل و تکامل لندفرم‌ها می‌گذارد (جعفری و همکاران 1388). طبعاً فعالیت‌های تکتونیکی همراه با فرآیندهای هیدرولوژی و ژئومرفولوژی و نیز تغییرات اقلیمی، بر چگونگی و سیر تکاملی اشکال اراضی و همچنین خاک‌ها حاکم می‌باشند. ازآنجاکه آثار و شواهد وقایع تاریخی و تغییرات محیطی، طی دوره تکاملی خاک‌ها در لایه‌های ژنتیکی و غیر ژنتیکی آن‌ها به ودیعه گذارده می‌شوند، مطالعه ارتباط بین این شواهد خاک‌شناختی، زمین‌شناختی و فرآیندهای تشکیل‌دهنده آن‌ها، این امکان را به وجود می‌آورد تا بتوان چگونگی تشکیل و تکامل واحدهای اراضی را بازسازی و مسیر تکوین اراضی را تثبیت و تبیین

نمود (کنتون و همکاران 2003). مطالعه رابطه خاک –زمین‌نما در ایالت سائوپائولو برزیل نشان داد که خصوصیات خاک بیان‌کننده شواهدی از هوادیدگی سطح ژئومرفیک هست و بیشتر از یک واحد نقشه در یک سطح ژئومرفیک یافت می‌شود. بیشتر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی در گروه‌بندی واحد نقشه خاک کمترین ضریب تغییرات را در مقایسه با گروه‌بندی با سطوح ژئومرفیک دارند (لپش و همکاران 1977). تغییرپذیری در ویژگی‌های خاک نتیجه تغییر در محیط‌های رسوب‌گذاری و یا اختلاف در مراحل خاک‌سازی یا هیدرولوژیکی برای موقعیت‌های مختلف شکل اراضی هست و می‌تواند تحت تأثیر آبیاری، افزایش کود، بالا بودن سطح ایستابی و یا مدیریت کشاورزی قرار بگیرد (فروغی-فر 1389). بررسی رابطه خاک-زمین‌نما و تغییرپذیری خاک در شمال فلوریدای مرکزی نشان داد که ویژگی‌های خاک در ناحیه موردمطالعه در ارتباط با موقعیت زمین‌نما است (اوالس و کولینز 1986). مطالعه ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک‌های بر روی مواد مادری سنگ آهک کواترنر در فیلیپین نشان داد که این ویژگی‌ها عمدتاً تحت تأثیر شیب و مواد مادری هست (آسیو و همکاران 2006). لذا بررسی شکل اراضی و شناخت تنوع آن‌ها می‌تواند بینش خاک‌شناس را در رابطه با شناخت تنوع خاک-ها و شناسایی دقیق آن‌ها بهبود بخشد (مینانسی و مک براتنی 2006).

هدف این تحقیق تعیین ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و مورفولوژیکی خاک‌های منطقه موردمطالعه برای بررسی رابطه تکامل خاک و تنوع شکل اراضی به‌منظور شناسایی بهتر و کامل‌تر خاک‌ها در جهت پیشبرد کشاورزی پایدار هست.

مواد و روش‌ها

شرایط و ویژگی‌های منطقه

ناحیه موردمطالعه بخشی از دشت تبریز بوده که در غرب شهر تبریز بین '9 °38 تا'14 °38 عرض شمالی و '3 °46 تا '7 °46 طول شرقی قرار گرفته است، از شمال و شمال غرب به کوه‌های قره-داغ و میشوداغ، از غرب به ایری‌داغ و بزداغ، از جنوب به دریاچه ارومیه و از شرق به دامنه کوه‌های سهند محدود می‌گردد. ارتفاع آن از سطح آزاد دریا 1350 متر و اشکال اراضی موجود در ناحیه موردمطالعه تپه، دشت دامنه‌ای، دشت آبرفتی رودخانه‌ای، دشت آبرفتی دریاچه‌ای و اراضی پست هست. گیاهان بومی غالب منطقه کنگر وحشی[7]، یوشان[8] و در نقاط مرتفع‌تر، تیغ‌های زردرنگ، سالسولا[9]، خارشتر[10]، چمن طبیعی و نوعی از دم اسبیان[11] در مناطق هموار و شور هست. قسمت اعظم مساحت واقع در مناطق هموار و شور به علت شوری زیاد و باتلاقی بودن غیرقابل استفاده هست. خاک‌های این منطقه به‌ویژه در دشت به‌دلیل همجواری با دریاچه ارومیه، داشتن بافت سنگین و بالا بودن سطح آب زیرزمینی دارای شوری بالایی هستند و علاوه بر این وجود انقطاع و تغییرات شدید بافتی نیز باعث تشدید این مسئله گردیده است. نبود آب آبیاری با کیفیت مناسب یکی دیگر از محدودیت-های موجود در منطقه هست و در دامنه‌ها نیز وجود سنگریزه زیاد باعث محدودیت در این اراضی گردیده است. از نظر زمین‌شناسی منطقه موردمطالعه بیشتر متأثر از تشکیلات واقع در قسمت شمال و شمال شرق بوده که از ماسه‌سنگ‌های رنگین و مارن‌های الوان دوران سوم زمین‌شناسی تشکیل‌شده و متعلق به دوره میوسن و معادل تشکیلات سری فارس است. در زیر ماسه‌سنگ‌های قرمز به طبقات متناوب مارن-ماسه‌سنگ برخورد می‌شود که دارای گچ و نمک بوده و در بعضی نقاط به‌صورت گنبدهای نمکی سر برآورده که از آن نمک استخراج می‌شود. قسمت جنوبی از تشکیلات توف آبرفتی پوشیده شده که از لحاظ سفره‌های آبدار

[7] Gundelia tournerfortii
[8] Artemisia abrotanum
[9] Salsola arbuscula
[10] Alhagi psudalhagi
[11] Equisetum arvense

غنی است و مربوط به دوره پلیوسن هست و علاوه بر این در ارتفاعات شرق سعیدآباد نزدیک شبلی طبقات آهک دیده می‌شود. بر اساس تقسیمات اقلیمی به روش گوسن، دشت تبریز جزء نواحی استپی سرد با زمستان‌های سرد و تابستان‌های نسبتاً گرم هست. میانگین کمینه درجه حرارت ایستگاه تبریز در زمستان 1/9- درجه سلسیوس و بیشینه آن در تابستان (در ماه‌های تیر و مرداد) 25/1 درجه سلسیوس و میزان بارندگی سالیانه به‌طور متوسط 328/7 میلی‌متر است. توزیع بارندگی نامناسب است، به‌طوری‌که 46/3 درصد در بهار و 5/4 درصد در تابستان (بر اساس ایستگاه سهلان) بوده و نامناسب برای دیم‌کاری هست. دشت تبریز دارای 5 ماه خشک و 2 ماه یخبندان در سال هست. خاک‌ها نیز دارای رژیم رطوبتی اریدیک ضعیف و رژیم حرارتی مزیک بر اساس نرم‌افزار نیوهال هست (ممتاز 1381).

مطالعات صحرایی

در این مطالعه برای شناسایی و تفکیک زمین-نما و شکل اراضی مختلف از عکس‌های هوایی، نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی استفاده گردید. تفکیک و جداسازی واحدهای زمین‌نما و شکل اراضی بر اساس فرآیندهای ژئومورفولوژی، خاکسازی و شکل آن‌ها انجام شد. این نوع تفکیک واحدها بر اساس سلسله مراتبی که دارای سطوح زمین‌نما، شکل اراضی و سطح زمین ریخت‌شناسی است، صورت گرفت. مختصات نقاط مطالعاتی از روی نقشه توپوگرافی تعیین و به دستگاه سیستم تعیین موقعیت جهانی منتقل گردید. با استفاده از دستگاه فوق نقاط مورد نظر در صحرا مشخص و موقعیت پروفیل‌های خاک در محل هر گره از شبکه نمونه‌برداری تعیین و در مجموع 5 پروفیل در مناطق لم‌یزرع حفر گردید. پروفیل‌های خاک به ابعاد 1×2×2 متر و تشریح آن‌ها بر اساس دستورالعمل نقشه-برداری خاک انجام و هر افق ژنتیکی پروفیل‌ها بر اساس راهنمای تشریح پروفیل خاک تشریح گردید (Soil Conservation Service 1992) و از هر افق ژنتیکی نمونه‌برداری و به آزمایشگاه منتقل شد. رده‌بندی خاک‌ها در سیستم طبقه‌بندی آمریکایی تا سطح خانواده بر اساس کلید 2014 انجام گردید (SSS. 2014).

مطالعات آزمایشگاهی

پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه ابتدا نمونه‌ها هوا خشک و سپس از الک 2 میلی‌متری عبور داده شدند و آزمایش‌ها زیر انجام گردید: تعیین بافت خاک به‌روش هیدرومتر (گی و بادر 1986) و تعیین جرم مخصوص ظاهری با روش سیلندر یا پارافین (بلک و هارتیج 1986). اندازه‌گیری کربنات‌کلسیم معادل به‌روش خنثی‌سازی با اسیدکلریدریک و تیتراسیون با سود (نلسون 1986)، اندازه‌گیری گچ به‌روش استون (نلسون 1986)، واکنش خاک (رودز 1986)، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع به‌روش هدایت‌سنجی (رودز 1986)، ماده آلی به‌روش والکی و بلک اصلاح‌شده توسط نلسون و سامرز (نلسون و سامرز 1986)، ظرفیت تبادل کاتیونی به‌روش استات سدیم در pH=8/2 (رودز 1986) و مطالعات مینرالوژیکی برای تعیین کلاس مینرالوژیکی نمونه‌ها به‌روش حذف املاح محلول، آهک، مواد آلی، اکسیدهای آهن و انجام دادن تیمارهای مربوطه (کلوت 1992، کانز و دیکسون 1986، مارک و گاتیرو 2006).

نتایج و بحث

مقدار رس در راستای شمال به جنوب (از واحد تپه به سمت اراضی پست) بیشتر شده به‌نحوی‌که در واحدهای تپه و دشت دامنه‌ای به دلیل ارتفاع و شیب بیشتر مقدار رس کمتر و در واحدهای اراضی پست و دشت به دلیل ارتفاع و شیب کم مقدار آن بیشتر است (شکل1). لذا احتمالاً از نظر تکاملی خاک‌های واقع در پایین‌دست شیب که دارای پوسته‌های رسی، درصد رس و ضخامت سالوم

بیشتر و درصد ذرات درشت کمتر می‌باشند، متکامل‌تر بوده و با نتایج مطالعات رضایی حسین-آباد و همکاران (1392)، زارعیان و همکاران (1392)، ابطحی (1980)، فیتزپاتریک (1986) و سیبرت و همکاران (2007) در مناطق نیمه‌خشک هم‌خوانی دارد. این در حالی است که ممکن است عامل فرسایش خاک بالای شیب و رسوب مواد ریز در قسمت پایین نیز باعث افزایش مقدار رس شده باشد. واکنش عصاره گل اشباع کلیه خاک‌ها در محدوده 7/42-8/62 هست و روند تغییرات واکنش خاک از سطح به عمق در بیشتر خاکرخ‌ها منظم نیست و با توجه به شکل 2 خاک‌های اراضی پست و دشت آبرفتی دریاچه‌ای در مقایسه با بقیه لندفرم‌ها دارای pH بیشتری می‌باشند. تغییرات ظرفیت تبادل کاتیونی با عمق در شکل‌های مختلف اراضی رابطه نزدیکی با مواد آلی و درصد رس داشته و در افق-های سطحی بیشترین و کمترین مقدارCEC به ترتیب در دشت آبرفتی دریاچه‌ای و دشت دامنه‌ای مشاهده گردید و بیشترین مقدارCEC در اراضی پست و دشت آبرفتی دریاچه‌ای و کمترین مقدار آن در دشت دامنه‌ای دیده شد، که این امر به مقدار کربن آلی و درصد رس بالا در اراضی پست و دشت آبرفتی دریاچه‌ای و میزان پایین آن‌ها در دشت دامنه‌ای مربوط هست. در افق سطحی شکل اراضی تپه برخلاف بالا بودن کربن آلی نسبت به افق سطحی دشت آبرفتی دریاچه‌ای CEC پایین بوده، که دلیل این امر درصد رس پایین در افق سطحی شکل اراضی تپه نسبت به افق سطحی دشت آبرفتی دریاچه‌ای هست (جداول 2 و1 و شکل3). این امر مؤید نتایج مورفولوژیکی حاصله هست، به-طوری‌که تپه با منشأ مواد مادری ماسه سنگ‌های رنگین و مارن‌های الوان مربوط به دوران سوم زمین‌شناسی، متعلق به دوره میوسن دارای تکامل خاکرخ و ضخامت سالوم کم بوده و در رده انتی-سول و گروه بزرگ Torriorthents قرار گرفته، اما دشت آبرفتی دریاچه‌ای با منشأ مواد مادری آبرفتی مربوط به پلیوسن دارای تکامل خاکرخ و ضخامت سالوم بالا بوده و در رده اریدی‌سول و گروه بزرگ Natrargids قرار می‌گیرد (SSS. 2014). نتایج به‌دست‌آمده در این موضوع مشابه با نتایج رضایی حسین‌آباد و همکاران (1392)، احمد و همکاران (1977)، لیلین فین و همکاران (2003)و بولینگ و همکاران (2008) هست.

میزان کربنات کلسیم معادل در افق سطحی تمام لندفرم‌ها پایین بوده و با عمق افزایش می‌یابد (جدول 2 و شکل4). بیشترین میزان کربنات کلسیم در سطح، در افق سطحی دشت آبرفتی دریاچه‌ای مشاهده گردیده است.

در دشت دامنه‌ای به دلیل ارتفاع کمتر نسبت به تپه، رسوبات درشت‌بافت و غنی از سنگریزه، شستشوی آهک و رس از افق سطحی و تجمع املاح و آهک ثانویه در افق‌های زیرین مشاهده می‌شود. در دشت آبرفتی رودخانه‌ای بیشینه تجمع در افق-های زیرین مشاهده‌شده که بیان‌کننده عمق شستشوی آهک هست. همچنین در اراضی پست که پست‌ترین نقطه منطقه از لحاظ ارتفاع می‌باشند، تجمع آهک ثانویه در افق سطحی و تحت الارض و گچ ثانویه به شکل عدسی ریز در افق سطحی، مشاهده گردید. بنابراین عمق کربنات کلسیم معادل نیز تحت تأثیر لندفرم‌ها قرار می‌گیرد که (پنوک و همکاران 1987) نیز به این موضوع اشاره کرده است. همچنین با توجه به درصد رس و کربنات کلسیم معادل بیشتر و همچنین حضور پوسته‌های رسی در دشت آبرفتی دریاچه‌ای و اراضی پست احتمال متکامل‌تر بودن خاک در این دو لندفرم نسبت به لندفرم‌های دیگر می‌رود که این امر مؤید نتایج مورفولوژیکی به‌دست‌آمده هست و مشابه نتایج مطالعه بروئر والکی (1969) هست. جرم مخصوص

ظاهری در شکل اراضی دشت آبرفتی دریاچه‌ای نسبت به دیگر لندفرم‌ها بیشتر بوده که احتمالاً به دلیل بافت رسی و متراکم آن هست (شکل 5). همچنین جرم مخصوص ظاهری در افق سطحی همه شکل‌های اراضی به‌جز دشت آبرفتی دریاچه‌ای کمتر از افق‌های زیرین هست که این مسئله را می‌توان به چرای دام در دشت آبرفتی دریاچه‌ای که منجر به افزایش تراکم افق سطحی این لندفرم و نهایتاً افزایش جرم مخصوص ظاهری این افق نسبت داد. بنابراین این فاکتور تابعی از بافت، مواد آلی و تخلخل خاک هست که محققانی مانند اکبرگ و ریلی (1977)، بائر و بلک (1981) و بولینگ و همکاران (2008) نیز به نتایجی مشابه دست یافتند. روند تغییرات هدایت الکتریکی (EC) و نسبت جذب سدیم (SAR) در لندفرم‌های مختلف مشابه یکدیگر بوده و بیشترین میزان نسبت جذب سدیم و هدایت الکتریکی در اراضی پست هست (جدول 2 و اشکال 6 و 7) که ناشی از بالا بودن سطح آب زیرزمینی شور، همجواری با دریاچه ارومیه، بافت سنگین و به‌دنبال آن حرکت کاپیلاری آب و تجمع املاح در سطح خاک هست. در اراضی پست به دلیل شور و سدیمی بودن زیاد تشکیل افق سالیک مشاهده گردید. همچنین روند این دو متغیر با عمق کاهش محسوسی را نشان می‌دهد. در دشت دامنه‌ای و تپه به‌دلیل شیب زیاد، بافت سبک، دوری از دریاچه و پایین بودن سطح آب زیرزمینی میزان هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم در مقایسه با دو واحد دیگر خیلی پایین بوده و به‌طورکلی در شکل‌های اراضی تپه، دشت دامنه‌ای و دشت آبرفتی رودخانه‌ای مشکل شوری و سدیمی بودن مشاهده نمی‌شود. بنابراین می‌توان گفت که خاک‌های با شوری کم و بافت درشت در ارتفاعات و خاک‌های با شوری زیاد و بافت ریز در نقاط پست قرار می‌گیرند، ابطحی و صلحی (1371)، رضایی حسین‌آباد و همکاران (1392) و پال و همکاران (2003) نیز به نتایج مشابه دست یافتند.

نتایج موجود در جدول 2 نشان می‌دهد که میزان کربن آلی افق سطحی در دشت آبرفتی دریاچه‌ای و اراضی پست بیشتر از دشت دامنه‌ای و دشت آبرفتی رودخانه‌ای است و احتمالاً این موضوع به دلیل تأثیر شیب، زهکشی نامناسب و پوشش متراکم‌تر در این لندفرم‌ها هست که سبب تجمع مواد آلی در سطح خاک گردیده است. همچنین به دلیل عدم چرای دام و پوشش گیاهی متراکم میزان کربن آلی در افق سطحی تپه بیشتر از سایر لندفرم‌ها هست. در بیشتر خاکرخ‌ها میزان کربن آلی خاک از سطح به عمق به‌صورت نسبتاً منظمی کاهش می‌یابد که احتمالاً به دلیل فعالیت بالای بیولوژیکی در افق‌های سطحی هست (جدول 2 و شکل8).

با توجه به نتایج، مهم‌ترین فرآیندهای خاکسازی در این منطقه شور شدن[12]، آهکی‌شدن[13]، آهک‌زدایی[14] ، قلیایی شدن[15] و گچی شدن[16] بوده است. شستشو و تجمع رس همراه با تشکیل افق ناتریک در لندفرم دشت آبرفتی دریاچه‌ای دیده شد که وجود این افق با مقدار زیاد پوسته‌های رسی تأیید گردید. علاوه بر این، برای انتقال ذرات رس و تشکیل افق تجمع رس لازم است مواد فولکول کننده مانند آهک از خاک خارج شده و ذرات رس آزاد شوند که در این پروفیل آهک‌زدایی دیده می‌شود و علاوه بر آن دلیل اصلی پراکندگی ذرات رس حضور سدیم و نقش دیسپرس کنندگی آن در این پروفیل است. وجود افق تجمع رس (ناتریک)، شوری بالا و ساختمان قوی مکعبی حاکی از تکامل زیاد طولانی است که از زیر آب خارج شده است، هر چند وجود سدیم زیاد نیز در تشکیل افق ناتریک نقش مهمی ایفا نموده و باعث تشکیل سریع‌تر آن

[12] Salinization
[13] Calcification
[14] Decalcification
[15] Alkalization
[16] Gypsification

شده است. در مناطق خشک و نیمه‌خشک افق ناتریک سریع‌تر از افق آرجیلیک تشکیل می‌شود که علت آن خصوصیت دیسپرس کنندگی سدیم و نقش مهم آن در متلاشی کردن خاکدانه‌ها و در نتیجه انتقال سریع‌تر کلوییدها به اعماق پروفیل خاک است. فرآیند آهک‌زدایی و تشکیل افق کلسیک در خاک متأثر از مقدار آب نفوذی (میزان بارندگی)، توپوگرافی و بافت خاک است. در لندفرم‌های دشت دامنه‌ای و دشت آبرفتی رودخانه‌ای مقدار کربنات کلسیم با افزایش عمق افزایش یافته و شکل‌های مورفولوژیکی آن در افق کلسیک به‌صورت ندول هست. این موضوع بیانگر فرآیند انحلال و تبلور مجدد در تشکیل افق کلسیک است که در طی فصول بارانی و سرد زمستان در اثر انحلال، کربنات‌ها به افق‌های پایین‌تر انتقال می‌یابند و در طی فصول گرم و خشک رسوب یافته و به شکل ثانویه پراکنش می‌یابند (ابطحی 1977، ابطحی 1980). در دشت آبرفتی رودخانه‌ای به دلیل تغییر شرایط هیدرولوژی و بنابراین فعال نبودن رودخانه‌ها در حال حاضر، افق‌های سطحی فرصت بیشتری برای هوادیدگی و تکامل پیدا کرده‌اند که حضور افق کلسیک و کمبیک در این پروفیل نشان‌دهنده حضور خاک تقریباً تکامل‌یافته‌ای در این لندفرم هست. املاح موجود در سطح و عمق خاک و املاح منتقل‌شده به هر صورتی از نواحی مرتفع و پر شیب به سمت اراضی کم شیب مانند اراضی پست و دشت آبرفتی دریاچه‌ای حرکت کرده و در این مناطق با توجه به شیب کم و محدودیت‌های زهکشی تجمع حاصل نموده و تحت تأثیر تبخیر از سطح اراضی و آب زیرزمینی کم‌عمق، اراضی به سمت شور و سدیمی بودن سوق یافته‌اند. موقعیت اراضی شور و سدیمی نسبت به سایر اراضی مؤید این مطلب است به‌نحوی‌که این امر سبب حضور افق سالیک در اراضی پست گردید، که حضور این افق و ساختمان مکعبی نشان‌دهنده تکامل خاک در این پروفیل هست.

جدول1- ویژگی‌های مرفولوژیکی و فیزیکی خاکرخ‌ها.

خاکرخ شماره 1 N " ۲ ' ۱٤ ° ۳۸ E " ٤٦ ' ٥ ° ٤٦- واحد تپه.

Coarse loamy skeletal, illitic, superactive, mesic, Xeric Torriorthents

Bd ($g\ cm^{-3}$)	پوسته رسی	آهک ثانویه (%)	کلاس بافت	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	ساختمان	رنگ مرطوب	عمق (cm)	افق
1/45	-	-	SL	66/6	22	11/4	1vfgr	7.5YR3/3	0 -10	A
1/57	-	-	SL-LS	80	10	10	sg	10YR4/4	10-28	C_1
1/72	-	-	SL	70	12/5	17/5	sg	10YR4/3	28-90	C_2

خاکرخ شماره 2 N " ٥٧ '١٢ ° ۳۸ E "٨ ' ٧ ° ٤٦- دشت دامنه‌ای.

Coarse loamy skeletal, mixed, semiactive, mesic, Xeric Haplocalcids

1/47	-	-	SL	76/6	16	7/4	1vfgr-2fabk	7.5YR4/6	0 -25	A
1/57	-	M2rsm	SCL	62	15/5	22/5	2mabk	7.5YR4/4	25 -60	Bk_1
1/55	-	C2rsm	SL	76/3	8/7	15	2cabk	7.5YR4/4	60-140	Bk_2
1/5	-	-	SL	80	7/5	12/5	sg	7.5YR4/4	140 -160	C

خاکرخ شماره 3 N " ٥١ ' ١١ ° ٣٨ E " ٨ ' ٧ ° ٤٦ - دشت آبرفتی رودخانه‌ای.

Fine loamy, illitic, active, mesic, Xeric Haplocalcids

1/54	-	-	SL	67/5	17	15/5	1&2vfgr-1fabk	7.5YR4/4	0 -20	A
1/68	-	C1iss	SL	67/5	15	17/5	2mabk	10YR4/4	20 -40	Bk
1/55	-	-	SCL	60	17/5	22/5	2fabk	10YR4/4	40 -85	Bw
1/45	-	-	LS	85	7/5	7/5	sg	10YR5/3	85-110	C_1
1/43	-	-	LS	50	79/5	17/5	sg	10YR6/3	110 -140	**C_2**

خاکرخ شماره 4 N " ٤٠ ' ٠٩ ° ٣٨ E " ٤ ' ٥ ° ٤٦ - دشت آبرفتی دریاچه‌ای.

Fine, mixed, active, mesic, Xeric Natrargids

1/7	-	-	C	6/8	37/7	55/5	2mabk &2fgr	7.5YR3/3	0 -18	A
1/66	1npf	-	SiC	0	42/5	57/5	1fabk	10YR4/4	18 -28	Bw_1
1/6	1mkpf	-	SiC - SiCL	10	50	40	1mfabk	10YR4/4	28-48	Bw_2
1/53	-	-	SiCL	5/3	57/5	37/5	1vfabk	10YR4/4	48-92	Bw_3
1/67	1mkpf	-	SiC	10	42/5	47/5	1vfabk	10YR4/4	92 -113	Btn
1/62	-	-	SCL-SL	52/5	27/5	20	sg-1vfabk	10YR4/3	113 -130	BC
1/54	-	-	SiL	26	51/5	22/5	sg	10YR5/3	130 -160	C

خاکرخ شماره 5 N " ٧ ' ٠٩ ° ٣٨ E " ٠ ' ٣ ° ٤٦ - واحد اراضی پست.

Fine, illitic, active, mesic, Typic Haplosalids.

1/15	-	-	C	24/3	28/2	47/5	1&2vfor fgr	7.5YR3/3	0 -15	Ayz
1/37	V1npf	-	C	0	40	60	2f& mabk	7.5YR3/4	15 -33	ABz
1/5	V1npf	-	C	12/5	35	52/5	1f&vfabk	7.5YR4/4	33 -55	Bz
1/54	-	-	SiCL	11	59	30	sg&1vfabk	10YR4/4	55 -110	BCz
1/71	-	-	C	0	22/5	77/5	1vfabk	7.5YR4/4	110 -150	2Bw

جدول2- ویژگی‌های شیمیایی خاکرخ‌ها.

خاکرخ شماره 1 N " ٢ ' ١٤ ° ٣٨ E " ٤٦ ' ٥٥ ° ٤٦-واحد تپه.

SAR ($mmol^{1/2} L^{-1/2}$)	OC (%)	CEC ($Cmol^{+} kg^{-1}$)	CCE (%)	pH گل اشباع	EC ($dS\ m^{-1}$)	گچ (%)	سدیم ($meq\ L^{-1}$)	منیزیم ($meq\ L^{-1}$)	کلسیم ($meq\ L^{-1}$)	عمق (Cm)	افق
0/6	1/07	11/3	8/7	7/86	0/61	-	1/2	1	6	0 -10	A
0/4	0/49	11	8/5	7/72	0/39	-	0/6	2/6	3	10-28	C_1
1/3	0/39	12/9	11/7	7/68	0/68	-	2/2	0/6	5	28-90	C_2

خاکرخ شماره 2 N " ٥٧ '١٢ °٣٨ E "٨ ' ٧ ° ٤٦- دشت دامنه‌ای.

0/7	0/29	5/9	6/80	7/60	0/62	-	1/3	1	6	0 -25	A
0/8	0/05	17/1	20/30	7/42	1/16	-	2	7	6	25 -60	Bk_1
0/9	0/1	6/4	18	7/82	1	-	2/2	4	9	60-140	Bk_2
0/75	0/05	10	15/30	8/25	0/43	-	1/3	4	2	140 -160	C

خاکرخ شماره 3 N " ٥١ ' ١١ ° ٣٨ E " ٨ ' ٧ ° ٤٦ - دشت آبرفتی رودخانه‌ای.

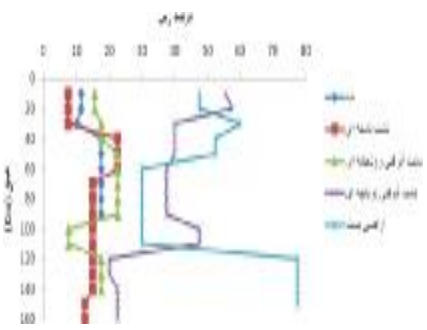
0/9	0/29	10/5	6/8	7/66	0/76	-	2	3	6	0 -20	A
0/7	0/29	11	21/2	7/93	0/68	-	1/5	3	5	20 -40	Bk
2	0/19	11/4	21/7	7/6	8/24	-	3/4	3	3	40 -85	Bw
1/1	0/19	10	19/7	8	0/36	-	1/6	1	3	85-110	C_1
1/5	0/05	9/4	26/8	7/95	0/79	-	2/3	1	4	110 -140	C_2

خاکرخ شماره 4 N " ٤٠ ' ٠٩ ° ٣٨ E " ٤ ' ٥ ° ٤٦ - دشت آبرفتی دریاچه‌ای.

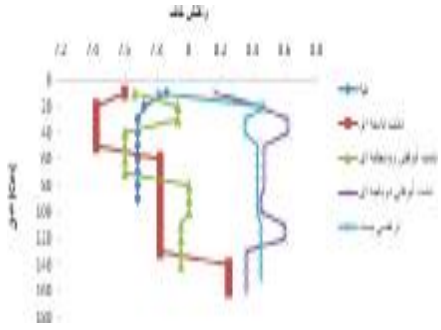
60	0/97	16/8	14/8	8/16	27/9	-	312/1	19	35	0 -18	A
89/2	0/39	16	20/5	8/45	25/9	0/2	295/9	15	7	18 -28	Bw_1
77/9	0/19	17/8	25	8/62	17	0/01	213/4	11	4	28-48	Bw_2
68	0/29	16/2	26/5	8/47	15/2	0/03	173/3	9	4	48-92	Bw_3
67/3	0/1	24/2	19/7	8/45	13	-	150/5	6	4	92 -113	Btn
54/3	0/1	15	26/3	8/6	11/8	-	138/6	8	5	113 -130	BC
44/4	0/05	18	30/2	8/36	12	-	133/1	13	5	130 -160	C

خاکرخ شماره 5 N " ٧ ' ٠٩ ° ٣٨ E " ٠ ' ٣ ° ٤٦ - واحد اراضی پست.

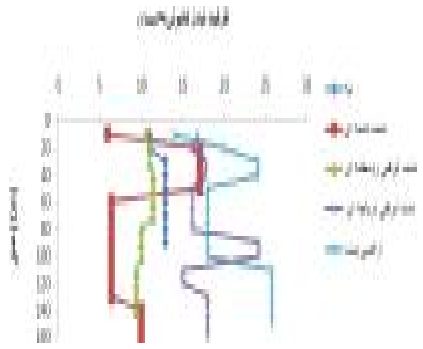
134/4	0/97	14	10/2	7/8	96/2	6	876/3	26	59	0 -15	Ayz
124/5	0/68	20	13/5	8/47	53	0/8	663/3	17	38	15 -33	ABz
137/8	0/19	24/1	24/5	8/35	42/3	-	624/2	19	22	33 -55	Bz
151/1	0/39	18	26/7	8/43	40/1	-	567	13	15	55 -110	BCz
95/8	0/29	25/8	17/3	8/45	22	-	270/9	8	8	110 -150	2Bw



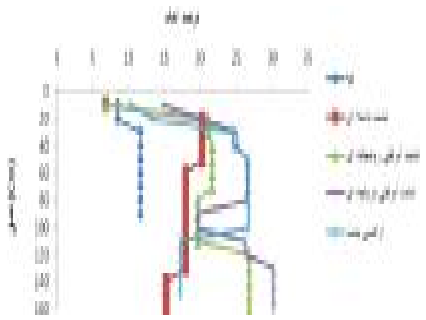
شکل1. تغییرات درصد رس در لندفرم‌ها.



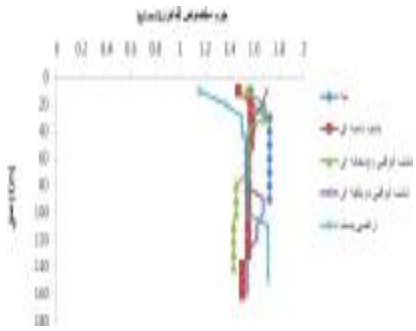
شکل2. تغییرات واکنش خاک در لندفرم‌ها.



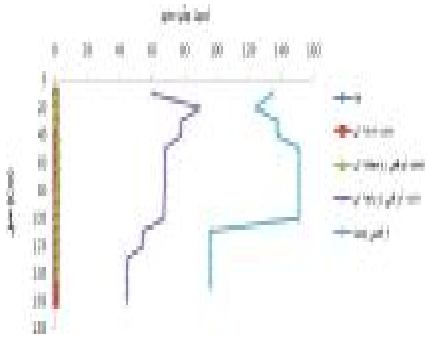
شکل3. تغییرات ظرفیت تبادل کاتیونی ($Cmol^{+}\ kg^{-1}$).



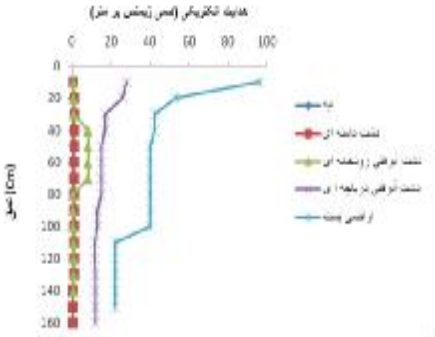
شکل4. تغییرات درصد کربنات کلسیم معادل.



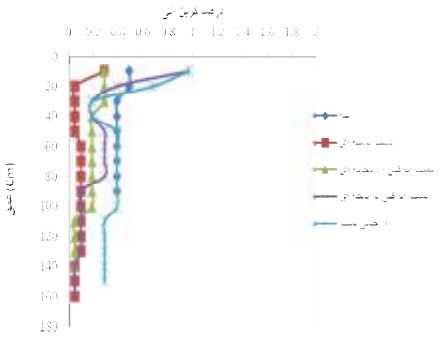
شکل5. تغییرات جرم مخصوص ظاهری ($gr\ cm^{-3}$).



شکل6. تغییرات نسبت جذب سدیم ($mmol^{1/2}\ L^{-1/2}$) .



شکل7. تغییرات هدایت الکتریکی($dS\ m^{-1}$).



شکل8. تغییرات درصد کربن آلی.

منابع مورداستفاده

ابطحی ع و صلحی م، 1371. تأثیر پستی و بلندی و زمان در تشکیل خاک با مواد مادری خیلی آهکی تحت شرایط نیمه خشک منطقه باجگاه ایران. صفحه‌های 1 تا 24. گزیده مقالات ارائه شده در سومین کنگره علوم خاک ایران. 18-15 شهریور، دانشگاه تهران، تهران.

بایبوردی م، 1378. خاک: پیدایش و رده بندی، چاپ هشتم، انتشارات دانشگاه تهران.

جعفرزاده ع الف، نیشابوری م ر و اوستان ش، 1377. گزارش نهایی مطالعات تفصیلی 26 هکتار از اراضی و خاک‌های ایستگاه تحقیقاتی کرکج، دانشگاه تبریز.

جعفرزاده ع الف، 1385. تشکیل، رده‌بندی و پراکنش خاک‌ها در یک ردیف توپوگرافی (مطالعه موردی اطراف میانه)،

چاپ نشده.
جعفری م و سرمدیان ف، 1382. مبانی خاک‌شناسی و رده‌بندی خاک، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران.
جعفری الف، ایوبی ش، خادمی ح و تومانیان ن، 1388. تنوع شکل اراضی‌ها و رابطه خاک-شکل اراضی در منطقه زرند استان کرمان. صفحه‌های 546 تا 548، مجموعه مقالات یازدهمین کنگره علوم خاک ایران، 24-21 تیر ماه، دانشکده کشاورزی گرگان، گرگان.
درویش زاده ع، 1370.زمین شناسی ایران. نشر دانش‌آموز، وابسته به موسسه انتشارات امیرکبیر، تهران، ایران.
رضایی حسین‌آباد م، فرپور م و حجازی م، 1392. بررسی اثر توپوگرافی بر برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی دشت زحمت‌کشان کرمان، مجموعه مقالات سیزدهمین کنگره علوم خاک، 10-8 بهمن ماه، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز.
رمضان‌پور ح و جلالیان ا، 1381. تغییرات خاک در یک ردیف ارضی-زمانی دو منطقه اقلیمی در زاگرس مرکزی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. جلد 6، شماره 1، صفحه‌های 131 تا 146.
زارعیان غ، فرپور م و ابراری فرد ن، 1392. اثر پستی و بلندی بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی، کانی‌شناسی و تکامل خاک‌های منطقه مبارک آباد در استان فارس، مقالات سیزدهمین کنگره علوم خاک،10-8 بهمن ماه، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز.
فروغی‌فر ح، 1389. ارزیابی فاکتورهای کیفیت و روابط آن‌ها با تکامل و تنوع خاک در دشت تبریز با استفاده از زمین آمار، رساله دکتری تخصصی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.
ممتاز ح ر، 1381. تعیین رژیم‌های رطوبتی و حرارتی مناطق مختلف ایران با استفاده از نرم‌افزار New hall. سمینار کارشناسی ارشد. گروه خاک‌شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.
Abtahi A, 1977. Effects of a saline and alkaline groundwater on soil genesis in semiarid southern Iran. Soil Sci Soc Am J. 41: 583-588.
Abtahi A, 1980. Soil genesis as affected by topography and time in highly calcareous parent materials under semiarid conditions in Iran. Soil Sci Soc Am J. 44: 329-336.
Ahmad. M, Ryan J and Paeth C, 1977. Soil development as a function of time in the Punjab River Plains of Pakistan. Soil Sci Soc Am J. 41: 1162-1165.
Asio VB, Cobunos CC and Chen ZS, 2006. Morphology, physiochemical characteristics and fertility of soil from Quaternary limestone in Leyte, Philippines. Soil Sci Soc Am J. 171. No. 8: 648-661.
Bauer A and Black A L, 1981. Soil carbon, nitrogen and bulk density comparisons in two cropland tillage systems after 25 years and in virgin grassland. Soil Sci Soc Am J. 45: 1166-1170.
Black GR and Hartage KH, 1986. Bulk density**.** PP.363-375.In: G S Compbell et al (Ed). Methods of soil analysis. Part1. Ser. No. 9. ASA and SSSA. J. Madison, WI.
Boling A, Tong A, Suganda TP, Konboon H, Harnpichitvitaya D, Bouman BAM and Franco FT, 2008. The effect of toposequence position on soil properties, hydrology and yield of rained lowland rice in Southeast Asia. Field Crop Research. 106: 22-23.
Brady NC and Weil RR, 1999. The nature and properties of soils. Prentice- Hall. Inc.
Brewer R and Walke PH, 1969. Weathering and soil development on a sequence of river terraces. Aust J Soil Res. 20: 293-305**.**
Canton Y, Sole-benet A and Lazaro R, 2003**.** Soil-geomorphology relation in gypsiferous material of Tabernas desert. Geoderma, 115: 193-222.
Ekeberg E and Riley HCF, 1997. Tillage intensity effects on soil properties and crop yields in a long-term trial on morainic loam soil in Southeast Norway Soil Tillage Res, 42: 277-293.
Fitzpatric EA, 1986. Soils, Their Formation, Classification and Distribution (1ed) C.R.C press.
Gee G W and Bauder J W, 1986. Physical and mineralogical methods, second Edition383-441. In: Method of Soil Analysis, part I.
Klute A, 1992. Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. Second edition. American Society of Agronomy. Soil Sci. Soc. Amer., Madison, Wisconsin USA.
Kunze G W and Dixon J B, 1986. Pretreatment for Mineralogical Analysis. In: Methods of Soil Analysis. Part 1, 2nd

ed, ASA and SSSA. Madison, USA.
Lepsch IF, Buol W and Daniels RB, 1977**.** Soil-landscape relationships in the occidental Plateau of Sao Paulo State Brazil: I. Geomorphic surfaces and soil mapping units. Soil Sci Soc Am J. 41: 104-109**.**
Lilienfein JRC, Qualls Sh, Uselman M and Bridgham SD, 2003. Soil formation and organic matter accretion in a young andesitic chronosequence at Mt. Shasta, California. Geoderma. 116:249-264.
Marc P and Gautheyrou J, 2006. Hand Book of Soil Analysis (mineralogical, organic and inorganic methods). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
Markus E and Merkli C, 2007. Weathering, mineralogical evolution and soil organic matter along a Holocene soil toposequence developed on carbonate-rich materials. Geomorphology 97: 675-696.
Minasny B and McBratne A B, 2006. Mechanistic soil-landscape modeling as an approach to developing pedogenetic classification. Geoderma 133: 138-149.
Nelson BW and Sommers LE, 1986. Total carbon, organic carbon and organic matter. P. 539-577. In: A L Page et al (Ed). Methods of Soil Analysis. Part 2.2nd
Nelson RE, 1986. Carbonate and gypsum. Pp. 181-197. In: A. L. Page et al (Ed.). Methods of Soil Analysis. Part 2.2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSAJ Madison, WI.
Ovalles FA and Collins ME, 1986. Soil - Landscape relationships and soil variability in North Central Florida. Soil Sci Soc Am J 50: 401-408.
Pal DK, Sirvastava P, Drug SL and Bhattacharyya T, 2003. Role of microtopography in the formation of sodic soils in the semi arid part of the Indo Gangetic P-lains, India. Catena 51: 3-31.
Pennock D J, Zebarth B J and Jong E De, 1987. Landform classification and soil distribution in Hummocky terrain, Saskatchewan, Canada. Geoderma 40: 297_301.
Rhoades ID, 1986. Cation exchange capacity. In: A L Page et al. (Ed.). Methods of Soil Analysis. Part 2.2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSAJ. Madison,Wiley Soil survey
Seibert J, Stendahl J and Sorensen R, 2007. Topographical influences on soil properties in boreal forests. Geoderma 141: 139-148.
Soil Conservation Service, 1992. Soil Survey Laboratory Methods and Procedures for Collecting Soil Sample. USDA-SCS. Soil Survey. Invest. Ret. No. 2. U. S. Gov. Print. Office, Washington, DC.
Soil Survey Staff, 2014. Keys to soil Taxonomy Twelfth Edition,. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service.
Timpson ME, 1992. An Investigation of the pedogenesis of soils developed in Quaternary alluvial deposits of Eastern Crete, university of Tennessee, Knoxville.