

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و یکم، شماره نه، آذر ماه ۹۸

تأثیر عامل وراثت و فرآیندهای تشکیل خاک بر توزیع عناصر سنگین و ویژگی-

های فیزیکی و شیمیایی خاکها

علی افشاری^۱

کامران مروج^{*۲}

kmoravej@znu.ac.ir

پریسا علمداری^۳

تاریخ پذیرش: ۹۵/۸/۴

تاریخ دریافت: ۹۵/۲/۲۲

چکیده

زمینه و هدف: این تحقیق به منظور ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و توزیع عناصر سنگین در خاک‌های با مواد مادری متفاوت در بخش مرکزی استان زنجان انجام گرفت.

روش بررسی: در این پژوهش ۱۵ خاک‌رخ تحول‌یافته بر روی سنگ‌های گرانیت، بازالت، آندزیت، پورفیریت، توف‌های آتشفشانی، سنگ آهک، کنگلومرا-شیل، شیل، فیلیت، ماسه سنگ، دولومیت و رسوبات آبرفتی حفر شد.

سپس خاک‌رخ‌ها با توجه به دستورالعمل اداره حفاظت خاک وزارت کشاورزی آمریکا تشریح گردیدند و افق‌های مشخصه و رده‌بندی آن‌ها تا سطح گروه بزرگ، مطابق با استانداردهای رده‌بندی آمریکایی (۲۰۱۴) تعیین شد. خاک‌ها در سه رده مالی‌سول، اینسپتی‌سول و انتی-سول طبقه‌بندی شدند. از تمامی افق‌های ژنتیکی خاک‌رخ‌ها و سنگ بستر آن‌ها (به غیر از مواد آبرفتی) نمونه‌برداری صورت گرفت. کلیه تجزیه‌های مربوط به خصوصیات فیزیکوشیمیایی و عناصر سنگین با روش‌های متداول آزمایشگاهی انجام شد.

یافته‌ها: در خاک‌های آهکی مقدار آهک (۰/۴۹/۳) و اسیدیته (۸/۰)، در خاک‌های آندزیتی مقدار ماده آلی (۰/۱/۶)، در خاک‌های پورفیریتی، ظرفیت تبادل کاتیونی ($\text{cmol}^{(+)}\text{kg soil}^{-1}$) ۲۶/۰، در خاک‌های با مواد مادری توف، مقدار رس (۰/۲۴/۴) و در خاک‌های دولومیتی، مقدار سیلت (۰/۶۱/۹) مشاهده شد که حداکثر مقدار را داشتند. مقدار متوسط نیکل، سرب و کادمیم در خاک‌های دولومیتی (به ترتیب ۵۶/۰، ۷۴/۱ و ۰/۲۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک)، کروم و آهن در خاک‌های حاصل از شیل (به ترتیب ۴۱/۳، ۳۴۸۰۰ و ۲۷/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک)، مس در خاک‌های پورفیریتی و روی و کبالت در خاک‌های بازالتی (به ترتیب ۴۷/۲، ۱۳۰/۳ و ۲۸/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) بیش‌ترین مقدار را نشان داد.

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

۲- استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران * (مسئول مکاتبات)

۳- استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

بحث و نتیجه‌گیری: الگوریتم تحلیل خوشه‌ای، افق‌های ژنتیکی A و B را در سه گروه طبقه‌بندی کرد: گروه اول خاک‌های حاصل از ترکیب کنگلومرا - شیل، شیل و سنگ آهک است. گروه دوم خاک‌های پورفیری، بازالتی، آندزیتی و گرانیتی می‌باشد و گروه سوم خاک-های حاصل از توف، فیلیت و آبرفتی است. نتایج با اضافه کردن افق‌های مواد مادری (C و C_T) تغییر نکرد. لذا محتوی عناصر اصلی مذکور در افق‌های خاک‌ساز تا حد بسیار زیادی تحت کنترل عامل وراثت می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: توزیع عمودی، عناصر سنگین، مواد مادری و ویژگی‌های خاک.

Influence of Inheritance Factor and Soil Formation Processes on Heavy Metal Distribution and Physical and Chemical Properties of Soils

Ali Afshari¹

Kamran Moravej^{2*}

kmoravej@znu.ac.ir

Parisa Alamdari³

Admission Date: October 23, 2016

Date Received: May 11, 2016

Abstract

Background and Objective: This research aimed to evaluate the physical and chemical properties and distribution of heavy metals in soils with different parent materials in the central part of Zanjan province.

Method: In this study, 15 developed soil profiles were excavated on Granite, Basalt, Andesite, Porphyrite, Volcanic tuff Limestone, Conglomerates, Shale, Phyllites, Sandstone, Dolomite and Alluvium parent materials. Then, Pedons were described according to the USDA Soil Conservation Services instruction and diagnostic horizons and their classification were conducted up to the great group category, in accordance with soil taxonomy (2014). Soils were classified in Mollisols, Inceptisols and Entisols orders. All of the genetic horizons of pedons and their bedrock (apart from alluvial deposits) were sampled. Also, whole of the laboratory analysis related to the physicochemical properties of heavy elements was conducted by conventional and standard methods.

Findings: The amount of CaCO₃ (49.3%) and pH (0.8) in Calcareous soil, organic matter (1.6%), cation exchange capacity (26 cmol⁽⁺⁾kg soil⁻¹), clay (24.4%) and silt (61.9%) was maximized in soils with Andesite, Porphyrite, Tuff and Dolomite parent materials, respectively. The average of nickel, lead and cadmium were the highest value (56, 74.1 and 0.23 mg/kg soil, respectively) in dolomite parent materials soils. Chromium and iron showed the highest value (41.3, 34800, 27.5 mg/kg soil, respectively) in soils formed from Shale parent materials. Copper also indicated the highest value (47.2, 130.3 and 28.3 mg/kg soil, respectively) in Porphyrite parent materials soil. Finally, zinc and cobalt were the highest value (47.2, 130.3 and 28.3 mg/kg soil, respectively) in basaltic parent material soils.

Discussion and Conclusion: Cluster analysis algorithm was classified the pedogenic A and B soil horizons in three groups: the first group consists of soils formed from Conglomerate-Shale, Shale and Limestone parent materials. Second group includes Porphyrite, Basalt, and Andesite parent materials soils and the third group consists of soils formed from Tuff, Phyllites, and Alluvium parent materials. The results did not change by adding the parent material horizon (C and Cr). So, the amount of major elements in pedogenic soil horizons is largely controlled by soil heredity.

Key words: Heavy metal, Parent material, Soil properties, Vertical distribution.

1- PhD Student, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

2- Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran
*(Corresponding Author)

3- Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

مقدمه

در خاک‌های تحول‌یافته بر روی مواد مادری مختلف در بخش مرکزی استان زنجان صورت پذیرفت.

روش بررسی

منطقه مورد مطالعه

استان زنجان یکی از استان‌های نیمه کوهستانی کشور به حساب می‌آید. رژیم رطوبتی و حرارتی خاک در شمال شرقی منطقه به ترتیب زیریک و فریجید و بخش‌های پایین‌تر به ترتیب زیریک خشک و مزیک می‌باشد. زمین‌شناسی استان زنجان متعلق به دوران‌هایی از پرکامبرین تا دوران سوم زمین‌شناسی است. همچنین در منطقه مطالعاتی سنگ‌های آذرین مربوط به دوره ائوسن-کامبرین، سنگ‌های رسوبی مربوط به دوره ژوراسیک-کرتاسه و رسوبات آبرفتی در دوره کواترنری می‌باشد (۱۳). از سوی دیگر در این پژوهش ۱۱ خاک‌رخ تحول‌یافته روی سنگ‌های گرانیت (Gr)، بازالت (Ba)، آندزیت (An)، پورفیریت (Pr)، توف‌های سبز آتشفشانی (Tu)، سنگ آهک (Li)، کنگلومرا-شیل (Cg)، شیل (Sh)، فیلیت (Ph)، ماسه سنگ (Sa) و دولومیت (Do) و چهار خاک‌رخ بر روی رسوبات آبرفتی (Qa1 تا Qa4) که همگی دارای کاربری کشاورزی بودند، حفر شد (شکل ۱). با توجه به عدم وجود انقطاع سنگی و درشت‌شدن نسبی بافت خاک از سطح به عمق در طول خاک‌رخ‌های مطالعه‌شده بر روی سنگ بسترهای آذرین و رسوبی، مواد مادری خاک‌های آن‌ها درجا بودند (۵). خاک‌رخ‌های حفر شده با توجه به دستورالعمل اداره حفاظت خاک وزارت کشاورزی آمریکا تشریح گردیده‌اند (۸) و افق‌های مشخصه و رده‌بندی آن‌ها تا سطح گروه بزرگ، مطابق با استانداردهای رده‌بندی آمریکایی (۲۰۱۴) تعیین شد (۹).

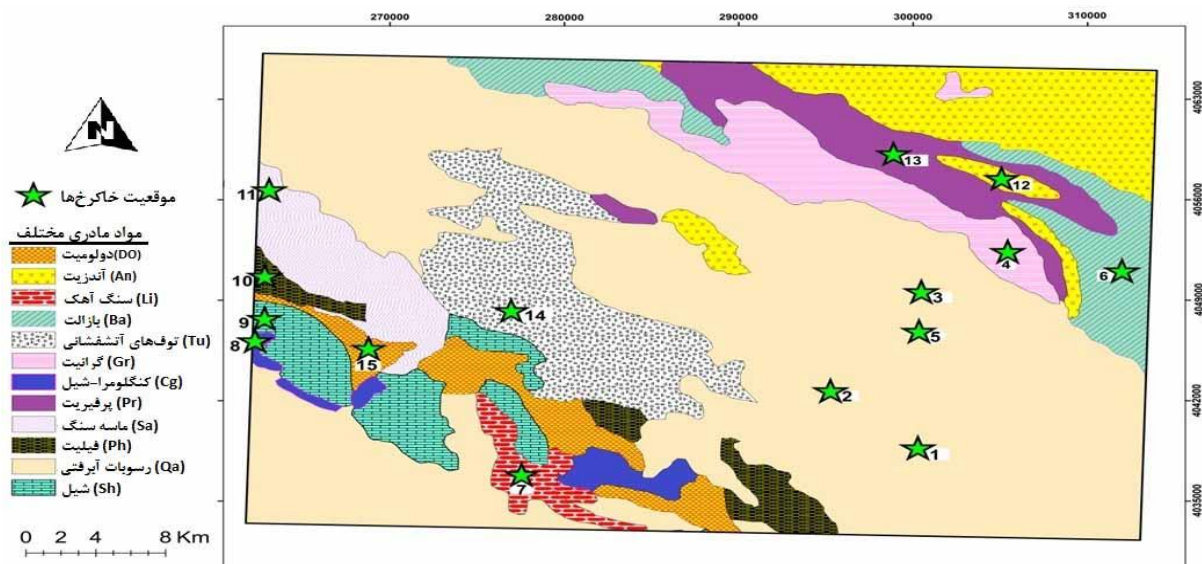
مطالعات آزمایشگاهی و محاسبات

از کلیه افق‌های ژنتیکی خاک‌رخ‌ها و سنگ بستر آن‌ها (به غیر از مواد آبرفتی) نمونه‌برداری شد. نمونه‌های سنگ برای تعیین غلظت کل عناصر سنگین به طور کامل آسیاب شدند. تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک شامل توزیع اندازه ذرات با روش پیپت، هدایت الکتریکی خاک و pH در سوسپانسیون ۲:۱

فاکتورهای خاک‌سازی به علت موقعیت محوری خاک، مهم‌ترین نقش را در تجمع یا تحرک عناصر سنگین در داخل اکوسیستم-ها دارند. تجمع فلزات در خاک را با توجه به فراوانی عناصر در خاک به نوع مواد مادری، عوامل پدوژنیک، فرآیندهای خاک‌سازی و فعالیت‌های انسانی نیز بستگی دارد (۲). توزیع عناصر در اعماق مختلف پروفیل خاک در اثر توسعه و پیشرفت پروفیل با گذشت زمان صورت می‌پذیرد. زیرا عناصر تحت تأثیر فرآیندهای مختلف خاک‌سازی قرار می‌گیرند. ویژگی‌های ژئوشیمیایی خاک نیز در توزیع فلزات مهم هستند (۳). پالمبو و همکاران (۲۰۰۰) در سیسیل ایتالیا به بررسی تأثیر فرآیندهای خاک‌سازی و ماده مادری بر توزیع عناصر سنگین پرداختند. عناصری مانند کروم، آلومینیم و آهن از افق A به سمت افق Bt روند افزایشی داشتند. درحالی‌که عناصری مانند سرب، کادمیم و منگنز در افق سطحی نیز غلظت بالایی را نشان دادند. ایشان غلظت بالای عناصر سنگین در افق سطحی را حاصل فعالیت‌های انسانی و فرآیندهای خاک‌سازی و میزان افزایش با عمق را نتیجه فرآیندهای خاک‌سازی و توزیع مجدد بیان کردند (۱). ناثل و همکاران (۲۰۱۰) اشاره داشتند مقدار و توزیع عناصر کمیاب در خاک‌ها وابستگی زیادی به ماده مادری، نوع عنصر و شدت فرآیندهای تشکیل خاک دارد (۵). بی و همکاران (۲۰۰۶) بیان داشتند که ماده مادری یکی از مهم‌ترین عوامل خاک‌سازی در مناطق خشک و نیمه خشک است (۲). زیرا مواد مادری می‌تواند بر اجزاء بافت خاک، اشباع بازی، اسیدیته خاک و برخی دیگر تأثیر بگذارد (۷). اولیائی و همکاران (۲۰۰۶) با بررسی شرایط پدولوژیکی و کانی‌شناسی خاک‌های حاصل از مواد آهکی و گچی ترانسکت‌های جنوب غربی ایران، خواص فیزیکی و شیمیایی خاک‌های واقع در اقلیم خشک و نیمه خشک را تابع سنگ مادر آهکی آن دانسته که به مرور زمان تحت تأثیر انواع هوازدگی قرار گرفته و خاک‌هایی سرشار از آهک را به وجود می‌آورند (۷). این مطالعه با هدف بررسی پراکنش عناصر سنگین و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی

به کوره گرافیتی مدل ریلایت ۱ قرائت گردید. برای تعیین شدت تأثیر مواد مادری بر غلظت فلزات سنگین از تحلیل چند متغیره خوشه‌ای برای گروه‌بندی خاک‌ها استفاده شد که در دو مرحله انجام‌گرفت. ابتدا نمونه‌های مربوط به افق‌های خاک‌ساز (A و B) گروه‌بندی شدند، سپس نمونه‌های مربوط به افق‌های مواد مادری (C و Cr) وارد تحلیل خوشه‌ای شدند تا بتوان تأثیر عامل وراثت را در فراوانی عناصر مورد بررسی تعیین نمود.

خاک به آب، مواد آلی خاک به روش والکی و بلک، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون اسید و باز، ظرفیت تبادل کاتیونی، پتاسیم و سدیم تبدالی به روش استات آمونیوم و فسفر تبدالی با روش اولسن اندازه‌گیری شدند (۵). مقدار عناصر سنگین با استفاده از روش اسپوزیتو و همکاران (۱۹۸۲) عصاره‌گیری (۱۱) و غلظت کل آن‌ها (Ni, Mn, Fe, Co, Cr, Zn و Cu) با کمک دستگاه جذب اتمی مدل پرکین المر ۲۰۰ و غلظت کل کادمیم به خاطر این‌که زیر دامنه تشخیص دستگاه مذکور بود با دستگاه جذب اتمی مجهز



شکل ۱- منطقه مطالعاتی و محل حفر هر یک از خاک‌رخ‌ها در مواد مادری مختلف
Figure 1. Study area and location of soil profiles in different parent materials

یافته‌ها

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مختلف

جدول ۱، ۲ و ۳ نتایج مربوط به اندازه‌گیری برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های تشکیل‌شده بر روی مواد مادری مختلف و جدول ۴ ارتباط بین این پارامترها نسبت به هم در خاک‌های مختلف را نشان می‌دهد. با توجه به منابع مختلف (۶ و ۱۴) و نتایج مربوط به جداول فوق، مشاهده می‌شود که تنوع در مواد مادری باعث تغییر قابل توجه در برخی از ویژگی‌های خاک به وجود آمده از آن‌ها می‌شود. خاک‌های تحول‌یافته بر روی مواد مادری از جنس فیلیت، توف و چهار خاک‌رخ مربوط به مواد آبرفتی و کنگلومرا - شیل، شیل و گرانیت در رده اینسپتی‌سول‌ها، خاک‌های تشکیل شده روی مواد مادری پورفیریت و دولومیت و بازالت در رده مالی‌سول‌ها و خاک‌های حاصل از سنگ آهک و ماسه سنگ و آندزیت در رده انتی‌سول‌ها طبقه‌بندی می‌شوند. بیش‌ترین میانگین آهک در خاک‌های حاصل از مواد مادری سنگ آهک و کنگلومرا - شیل به ترتیب با ۴۹/۳ و ۳۹/۳ درصد و کم‌ترین مقدار آن در خاک‌های حاصل از مواد مادری پوفیریت، آندزیت و شیل به ترتیب با ۱۱/۵، ۱۰/۵ و ۸/۲ درصد مشاهده شد که دارای اختلاف معنی‌دار نسبت به سایر خاک‌ها بودند (جدول ۴). بالاترین مقادیر اسیدیته در خاک‌های حاصل از مواد مادری سنگ آهک و پایین‌ترین آن در خاک‌های مشتق از مواد مادری آندزیت و شیل به ترتیب با ۸/۰ و ۷/۱ و ۷/۱ دیده شد. در مطالعه نائل و همکاران (۲۰۱۱) در خاک‌های با مواد مادری مختلف، اسیدیته خاک‌ها بین ۵/۳ تا ۸/۳ در نوسان بود که بیش‌ترین آن در خاک‌های آهکی (میانگین ۷/۵) و کم‌ترین آن در خاک‌های

شیلی (میانگین ۶/۰) و در سایر خاک‌ها به استثنای افقی‌های حاوی کربنات‌ها، در حدود نزدیک به ۷ بدست آمد. ایشان، آب-شویی مؤثر بیش‌تر، به دلیل شیب نسبتاً کم و دریافت نزولات جوی بیش‌تر را از عوامل مؤثر بر کاهش pH خاک‌ها می‌دانند (۱۴). مطالعه شکل‌آبادی (۲۰۰۰) نشان داد که بالاترین مقادیر آهک در خاک‌های تشکیل شده بر روی سازندهای آهکی و دولومیتی (۳۰ تا ۴۰٪) و کم‌ترین مقدار آن در خاک‌های حاصل از سازندهای آذرین (۷ تا ۱۵٪) دیده می‌شود (۱۳). در بین سنگ‌های آذرین، به دلیل بازیگ بودن سنگ بازالت (آذرین بیرونی)، خاک حاصله از آن درصد آهک بیش‌تری نسبت به خاک تشکیل شده از گرانیت (آذرین درونی) نشان داد که یک سنگ اسیدی محسوب می‌شود. در این مطالعه نیز، در بین سنگ‌های آذرین چنین روندی مشاهده شد. میزان ماده آلی و هدایت الکتریکی خاک در خاک‌های مختلف تفاوت معنی‌داری نشان نداد. بالاترین مقدار ماده آلی در خاک‌های تحول‌یافته با مواد مادری آندزیت (۱/۶٪)، دولومیت (۱/۵٪) و کم‌ترین مقدار آن در خاک‌های حاصل از مواد مادری فیلیت (۰/۵٪) و ماسه سنگ (۰/۲٪) دیده شد. در شرایط طبیعی ویژگی‌های حاصل‌خیزی خاک و به دنبال آن شرایط رشد گیاه وابسته به مواد مادری خاک است (۱۶). خاک‌های با مواد مادری آبرفتی با ۰/۳۳ دسی‌زیمنس بر متر بیش‌ترین مقدار EC را در بین خاک‌های مختلف نشان دادند. ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) در خاک‌های با مواد مادری سنگ‌های آذرین، بالاترین مقادیر را نشان داد (به طور متوسط ۲۲/۴ سانتی-مول بار مثبت بر کیلوگرم خاک).

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌رخ در رسوبات آبرفتی

Table 1. Physical and chemical soil profile properties in Alluvial sediments

Na	P	K	Silt	Clay	Sand	CEC	pH	EC	CaCO ₃	OM	عمق	افق	نیم‌رخ
mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	%	%	cmol ⁽⁺⁾ /kg		dS/m	%	%	cm		
Typic calcixerepts													
۷۹۲/۲	۳۲/۴	۵۹۸/۶	۸۱/۶	۳/۳	۱۵/۱	۲۱/۴	۷/۴	۰/۳۰	۱۸/۱	۱/۰۷	۰-۲۴	A _p	
۷۶۱/۷	۳۱/۴	۴۸۹/۹	۷۷/۳	۴/۶	۱۸/۱	۲۰/۶	۷/۳	۰/۲۹	۲۱/۰	۰/۷۵	-۴۴	B _w	
۷۷۷/۲	-	۳۶۸/۵	۶۲/۷	۱۳/۲	۲۴/۱	۱۷/۰	۷/۵	۰/۲۵	۳۳/۶	۰/۵۱	-۲۴	B _{k1}	Qa1
۷۲۹/۲	۲۷/۶	۲۸۰/۴	۷۴/۱	۴/۳	۲۱/۶	۱۷/۰	۷/۵	۰/۲۵	۴۶/۲	۰/۳۳	-۱۱۸	B _{k2}	

Typic calcixerepts												
۵۸۹/۵	۲۷/۹	۵۳۹/۸	۵۴/۴	۲۴/۷	۲۰/۹	۱۹/۹	۷/۲	۰/۱۷	۲۱/۴	۱/۰۷	۰-۳۰	A _p
۵۸۹/۵	-	۳۶۸/۵	۵۷/۵	۱۰/۲	۳۲/۳	۲۱/۴	۷/۳	۰/۱۶	۲۹/۸	۰/۸۱	-۷۵	B _k
۵۷۹/۱	۳۰/۴	۲۹۵/۵	۲۷/۹	۲۷/۸	۴۴/۳	۱۷/۰	۷/۴	۰/۱۸	۳۵/۳	۰/۳۹	-۱۲۷	B _{kk1} Qa2
Typic calcixerepts												
۶۵۸/۲	-	۵۲۷/۶	۴۳/۴	۳۵/۹	۲۰/۸	۲۱/۴	۷/۳	۰/۲۴	۲۰/۳	۰/۸۱	۰-۲۱	A _p
۶۴۸/۸	۲۷/۹	۲۴۹/۸	۴۳/۱	۳۳/۵	۲۳/۴	۱۶/۲	۷/۶	۰/۲۲	۳۷/۰	۰/۳۹	-۸۰	B _{k1}
۵۸۹/۵	-	۱۷۰/۵	۴۳/۴	۳۴/۳	۲۲/۳	۱۷/۷	۷/۶	۰/۲۳	۳۹/۴	۰/۲۱	-۱۳۴	B _{k2} Qa3
Typic calcixerepts												
۵۵۸/۱	۳۳/۴	۶۶۳/۹	۴۲/۴	۲۲/۷	۳۴/۹	۱۹/۲	۷/۱	۰/۲۳	۱۱/۸	۲/۲۱	۰-۳۳	A _p
۵۹۹/۷	۲۷/۹	۴۲۴/۰	۳۷/۳	۲۷/۲	۳۵/۵	۲۰/۶	۷/۲	۰/۲۶	۳۰/۷	۰/۸۱	-۷۲	B _{k1}
-	-	-	۳۴/۴	۲۸/۷	۳۶/۹	۲۰/۰	۷/۵	۰/۲۴	۴۹/۶	۰/۶۵	-۱۱۶	B _{k2} Qa4
-	-	-	۳۵/۲	۲۷/۴	۳۷/۴	۱۹/۸	۷/۵	۰/۱۹	۴۸/۵	۰/۴۷	-۱۶۰	B _{k3}

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌رخ‌ها در مواد مادری آذرین

Table 2. Physical and chemical soil profile properties in igneous parent materials

Na	P	K	Silt	Clay	Sand	CEC	pH	EC	CaCO ₃	OM	عمق	افق	نیم‌رخ
mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	%	%	cmol ⁽⁺⁾ /kg		dS/m	%	%	cm		
Typic haploxerepts													
۵۵۸/۱	-	۳۶۸/۵	۲۱/۸	۳۴/۷	۴۳/۶	۱۶/۲	۷/۷	۰/۱۵	۱۱/۳	۲/۰۳	۰-۳۳	A	
۵۶۸/۷	-	۳۹۶/۶	۲۵/۲	۲۹/۵	۴۵/۳	۲۱/۴	۷/۶	۰/۱۵	۱۲/۲	۰/۸۱	-۶۴	B _{w1}	
۴۸۰/۵	۲۸/۳	۳۵۴/۲	۲۳/۴	۱۹/۹	۵۶/۷	۲۲/۴	۷/۶	۰/۱۶	۱۵/۱	۰/۷۵	-۱۳۴	B _{w2}	Gr
Typic calcixerolls													
۵۴۷/۴	۳۲/۹	۶۰۹/۸	۴۲/۱	۲۹/۰	۲۸/۹	۲۲/۱	۷/۰	۰/۲۴	۲/۹	۲/۸۳	۰-۲۵	A	
۵۳۶/۶	۳۳/۵	۴۲۴/۰	۴۲/۸	۲۸/۲	۲۹/۰	۲۲/۸	۷/۱	۰/۱۶	۱۰/۵	۰/۹۲	-۷۰	B _{w1}	
-	-	-	۴۲/۴	۲۶/۷	۳۰/۹	۲۲/۸	۷/۱	۰/۱۸	۱۱/۱	۰/۷۸	-۱۲۵	B _{w2}	Ba
Lithic xerorthents													
۵۶۸/۷	۳۱/۴	۴۷۷/۱	۴۱/۱	۲۳/۶	۳۵/۲	۲۱/۴	۷/۰	۰/۱۵	۹/۷	۱/۴۰	۰-۲۵	A	
۵۶۸/۷	۳۰/۳	۴۸۹/۹	۴۲/۶	۲۱/۱	۳۶/۴	۱۹/۲	۷/۲	۰/۲۵	۱۱/۳	۱/۷۶	-۴۰	AC	An
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۴۰ ⁺	R	
Typic haploxerolls													
۵۵۸/۱	-	۴۶۴/۰	۲۹/۸	۲۳/۶	۴۶/۷	۲۲/۱	۷/۲	۰/۱۳	۷/۶	۱/۸۵	۰-۳۰	A	
۵۶۸/۷	-	۲۰۲/۷	۲۸/۲	۱۵/۹	۵۵/۹	۲۸/۷	۷/۳	۰/۱۰	۱۲/۲	۰/۸۱	-۶۷	B _w	
۴۶۸/۹	۱۸/۴	۷۰/۱	۲۷/۷	۷/۴	۶۴/۹	۲۷/۳	۷/۹	۰/۱۵	۱۴/۷	۰/۵۷	-۱۰۳	C	Pr
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۱۰۳ ⁺	R	

جدول ۳- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌رخ‌ها در مواد مادری رسوبی

Table 3. Physical and chemical soil profile properties in deposit parent materials

Na	P	K	Silt	Clay	Sand	CEC	pH	EC	CaCO ₃	OM	عمق	افق	نمبر رخ
mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	%	%	cmol ⁽⁺⁾ /kg		dS/m	%	%	cm		
Typic xerorthents													
۵۴۷/۴	۲۷/۹	۴۶۴/۰	۴۹/۰	۳۰/۲	۲۰/۸	۱۵/۵	۷/۳	۰/۲۷	۴۹/۶	۲/۹۵	۰-۲۷	A	
۵۹۹/۷	-	۱۵۴/۱	۴۶/۰	۲۷/۸	۲۶/۲	۱۶/۲	۸/۰	۰/۱۹	۴۹/۱	۰/۶۶	-۷۴	C1	Li
۶۴۸/۸	-	۱۰۴/۲	۴۷/۷	۳۳/۰	۳۳/۰	۱۸/۱	۸/۲	۰/۱۸	۴۹/۱	۰/۲۱	-۱۰۹	C2	
-	-	-	۴۸/۴	۳۳/۴	۳۳/۴	۱۷/۸	۸/۳	۰/۱۵	۴۹/۵	۰/۱۰	-۱۵۰	C3	
Typic haploxerepts													
۴۶۸/۹	۲۸/۴	۶۰۹/۸	۴۵/۸	۲۷/۲	۲۷/۱	۱۸/۴	۷/۲	۰/۲۱	۳۰/۲	۲/۵۷	۰-۳۵	A	
۵۶۸/۷	۲۶/۶	۲۸۰/۴	۵۹/۲	۷/۲	۳۳/۶	۱۷/۰	۷/۴	۰/۱۸	۴۲/۴	۱/۰۱	-۷۸	B _w	
-	-	-	۵۲/۰	۱۱/۵	۳۶/۵	۱۲/۳	۷/۵	۰/۲۱	۴۵/۳	۰/۱۱	-۱۳۵	C _r	Cg
Typic haploxerepts													
۴۵۷/۲	-	۲۱۸/۵	۳۰/۱	۱۶/۰	۵۳/۹	۱۸/۴	۷/۱	۰/۱۸	۷/۱	۱/۰۱	۰-۳۰	A	
۵۴۷/۴	۲۵/۱	۱۷۰/۵	۲۷/۶	۱۵/۸	۵۶/۶	۲۲/۸	۷/۱	۰/۱۰	۶/۳	۰/۳۹	-۵۳	B _{w1}	
۵۶۸/۷	-	۱۲۱/۰	۲۹/۹	۱۰/۵	۵۹/۷	۲۲/۸	۷/۱	۰/۰۹	۱۱/۳	۰/۳۶	-۷۸	B _{w2}	Sh
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۷۸ ⁺	R	
Typic calcixerepts													
۵۴۷/۴	-	۲۹۵/۵	۴۹/۷	۲۵/۰	۲۵/۳	۱۹/۲	۷/۴	۰/۱۴	۱۵/۱	۰/۸۱	۰-۲۰	A	
۵۱۴/۵	-	۳۲۵/۲	۵۰/۴	۲۰/۷	۲۸/۹	۱۹/۲	۷/۲	۰/۱۷	۲۰/۶	۰/۴۲	-۶۰	B _{k1}	
۵۴۷/۴	-	۲۹۵/۵	۴۵/۶	۱۹/۸	۳۴/۵	۱۹/۹	۷/۵	۰/۱۳	۱۱/۳	۰/۱۸	-۹۳	B _{k2}	Ph
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۹۳ ⁺	R	
Typic xerorthents													
۵۸۹/۵	-	۴۶۴/۰	۴۰/۵	۸/۰	۵۱/۵	۲۵/۱	۷/۵	۰/۱۲	۱۳/۴	۰/۳۳	۰-۲۲	A	
۵۶۸/۷	۳۱/۴	۴۷۷/۱	۳۴/۷	۴/۲	۶۱/۰	۱۲/۳	۷/۸	۰/۱۹	۱۸/۲	۰/۰۹	-۱۱۰	C _r	Sa
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۱۱۰ ⁺	R	
Typic calcixerolls													
۵۷۹/۱	-	۵۳۹/۸	۶۷/۹	۱۹/۷	۱۲/۵	۲۴/۳	۷/۱	۰/۱۹	۲۱/۰	۳/۱۹	۰-۳۷	A	
۵۵۸/۱	۲۸/۸	۲۶۵/۲	۷۵/۱	۱۲/۲	۱۲/۷	۱۶/۲	۷/۶	۰/۱۵	۴۹/۱	۰/۶۳	-۷۳	B _{k1}	
۵۴۷/۴	-	۳۵۴/۲	۵۵/۱	۲۵/۸	۱۹/۱	۲۲/۱	۷/۴	۰/۱۵	۲۹/۰	۱/۱۹	-۱۲۲	B _{k2}	Do
-	-	-	۴۹/۳	۲۰/۳	۳۰/۳	۲۲/۲	۷/۴	۰/۱۴	۲۹/۰	۰/۹۸	-۱۷۵	B _{k3}	

جدول ۴- میانگین برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌رخ‌ها (بر اساس نوع ماده مادری)

Table 4. The average of some soil physicochemical properties (based on parent materials)

Silt	Clay	Sand	CEC	pH	EC	CaCO ₃	OM	
۴۵/۷ ^{abc}	۲۱/۸ ^{ab}	۳۲/۵ ^{bc}	۱۸/۰ ^{cd}	۷/۴ ^{bcd}	۰/۳۳	۳۳/۰ ^{ab}	۰/۶	آبرفتی (Qa)
۲۴/۹ ^c	۲۴/۵ ^a	۵۰/۷ ^{ab}	۱۹/۱ ^{bcd}	۷/۹ ^{ab}	۰/۱۵	۱۸/۰ ^{bc}	۱/۰	گرانیت (Gr)
۴۷/۸ ^{abc}	۲۳/۹ ^a	۲۸/۴ ^c	۱۶/۹ ^d	۸/۰ ^a	۰/۲۰	۴۹/۳ ^a	۱/۰	سنگ آهک (Li)
۵۲/۳ ^{abc}	۱۵/۳ ^{ab}	۳۲/۴ ^{bc}	۱۵/۹ ^d	۷/۴ ^{cd}	۰/۲۰	۳۹/۳ ^a	۱/۲	کنگلومرا-شیل (Cg)
۲۹/۳ ^{bc}	۱۴/۱ ^{ab}	۵۶/۷ ^a	۲۱/۳ ^{abcd}	۷/۱ ^d	۰/۱۲	۸/۳ ^c	۰/۶	شیل (Sh)
۴۸/۶ ^{abc}	۲۱/۸ ^{ab}	۲۹/۶ ^c	۱۹/۴ ^{bcd}	۷/۴ ^{cd}	۰/۱۵	۱۵/۷ ^{bc}	۰/۵	فیلیت (Ph)
۳۷/۶ ^{abc}	۶/۱ ^b	۵۶/۳ ^a	۱۸/۷ ^{bcd}	۷/۷ ^{abc}	۰/۱۶	۱۵/۸ ^{bc}	۰/۲	ماسه سنگ (Sa)
۶۱/۹ ^a	۱۹/۵ ^{ab}	۱۸/۷ ^c	۲۱/۳ ^{abcd}	۷/۴ ^{cd}	۰/۱۶	۳۲/۰ ^{ab}	۱/۵	دولومیت (Do)

ترتیب با ۳۳/۲ و ۳۲/۷ میلی گرم بر کیلوگرم خاک مشاهده شد. کاباتا و همکاران (۲۰۰۱) بیشترین مقدار فسفر را در خاک‌های با مواد مادری بازالتی که دارای هوادیدگی بسیار بالا (اکسی-سول‌ها و اولتی‌سول‌ها) بودند، گزارش نمودند (۱۵).

توزیع عناصر بر روی خاک‌رخ‌های تشکیل شده در مواد مادری مختلف

جدول ۵، ۶ و ۷ توزیع عمودی غلظت کل عناصر مورد بررسی و جدول ۸ ارتباط بین این عناصر نسبت به هم را در خاک-رخ‌های منتخب تشکیل شده بر روی مواد مادری مختلف نشان می‌دهد. عناصر مختلف الگوهای متفاوتی را در خاک‌های با مواد مادری مختلف، در نیم‌رخ‌های مختلف با یک نوع مواد مادری خاص، نشان می‌دهند (۵). دامنه تغییرات میانگین عنصر مس نشان می‌دهد که کم‌ترین مقدار آن در خاک‌های حاصله از مواد مادری سنگ آهک و شیل به ترتیب با ۱۰/۰ و ۱۵/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک و در خاک‌های حاصله از مواد مادری پورفیریت، بازالت و ماسه سنگ بیشترین مقدار را دارد (به ترتیب ۴۷/۲، ۴۲/۱ و ۶۰/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک). سرب کل در خاک‌های با مواد مادری دولومیتی و آبرفتی (به ترتیب ۷۴/۱ و ۶۹/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) و در مرتبه بعدی در خاک‌های حاصل از بازالت، گرانیت، آندزیت و شیل بالاترین مقدار و در خاک‌های حاصله از ماسه سنگ و پورفیریت به ترتیب با ۴۴/۴ و ۴۰/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک کم‌ترین مقدار را نشان داد. نیکل در خاک‌های دولومیتی حداکثر و در خاک‌های پورفیریتی و ماسه سنگی حداقل می‌باشد (به ترتیب ۵۶/۰، ۱۱/۳ و ۱۰/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک). نتایج مطالعات نائل و همکاران (۲۰۱۰) نشان می‌دهد که مقدار روی کل در خاک‌های با منشاء شیل حداکثر می‌باشد (میانگین ۱۰۵/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک). کادمیم در خاک‌های حاصل از مواد مادری دولومیت بیشترین مقدار و در خاک‌های حاصل از مواد مادری سنگ آهک و ماسه سنگ کم‌ترین مقدار را دارد (به ترتیب با ۰/۲۳، ۰/۰۷ و ۰/۰۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک). بالاترین غلظت‌های کروم در خاک‌های با منشاء

بلاسر و همکاران (۲۰۰۰) بیشترین مقدار pH و CEC را در خاک‌های حاصل از مواد مادری با سنگ آهک و کم‌ترین آن‌ها را در خاک‌های با مواد مادری گرانیتی گزارش کردند که مقدار pH در تمام نمونه‌ها بین ۳/۲ تا ۷/۸ و CEC بین ۳/۶ تا ۸۲۹ سانتی‌مول بار مثبت بر کیلوگرم خاک بود (۴). ایشان علت را در مقدار بالای ترکیبات کربنات و بی‌کربنات کلسیم و منیزیم در افق‌های خاک و همچنین pH تعادلی نسبتاً بالای آهک در محلول این خاک‌ها عنوان کردند. درصد اجزای شن، سیلت و رس وابسته به ویژگی‌های بافتی و کانی‌شناسی سنگ بستر می‌باشد. مواد مادری دارای سنگ‌هایی که درشت بافت هستند، در مراحل اولیه هوادیدگی و تکامل خاک، میزان تولید ذرات در حد شن بالایی خواهند داشت (۱۵). بیشترین مقادیر رس در خاک‌های توسعه یافته بر روی مواد مادری توف، گرانیت و سنگ آهک به ترتیب با ۲۷/۴، ۲۴/۵ و ۲۳/۹ درصد و کم‌ترین آن در خاک‌های حاصل از مواد مادری ماسه سنگ با ۶/۱ درصد مشاهده شد. خاک‌های حاصل از مواد مادری دولومیت و توف با ۶۱/۹ و ۵۲/۷ درصد بیشترین درصد سیلت را نشان دادند. خاک‌های تحول یافته بر روی مواد مادری شیل، ماسه سنگ و پورفیریت به ترتیب با ۵۶/۷، ۵۶/۳ و ۵۵/۸ درصد بیشترین درصد شن را دارند. فرهنگی مالکی (۲۰۰۵) در خاک‌های تشکیل شده بر روی مواد مادری آندزیت بازالتی، درصد رس را بیشتر و بافت خاک را ریزتر و در خاک تشکیل شده بر روی مواد مادری گرانیت، درصد شن را بیشتر و بافت خاک را درشت (لومی شنی) گزارش کرد که با افزایش عمق، میزان رس کاهش و شن افزایش می‌یافت (۱۴). در مطالعه حاضر، ریزترین بافت خاک مربوط به خاک‌رخ‌های حاصل از مواد مادری سنگ آهک، بازالت و خاک‌های آبرفتی با بافت‌های رسی لومی و سیلتی لومی می‌باشد. در خاک‌های حاصل از مواد مادری گرانیت بیشترین مقدار پتاسیم تبدالی مشاهده شد (۴۸۳/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک). بالاترین مقادیر سدیم تبدالی در خاک‌های آبرفتی و بازالتی بدست آمد (میانگین به ترتیب ۶۴۶/۵ و ۶۰۳/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک). بیشترین مقدار میزان فسفر تبدالی در بین افق‌های خاک‌های آبرفتی و بازالتی به

کروم، کبالت و نیکل در سنگ‌های فوق بازی وجود داشته و تغییرات آن‌ها در خاک‌های مختلف از مواد مادری به ارث می‌رسد (۱۶). بالاترین مقادیر منگنز در خاک‌های پورفیریته و بازالتی به ترتیب با میانگین ۸۴۴/۲ و ۶۸۴/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک و کم‌ترین مقادیر آن در خاک‌های حاصل از کنگلومرا - شیل، سنگ آهک و شیل به ترتیب با میانگین ۶۹/۲، ۶۸/۸ و ۴۶/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک مشاهده شد.

فوق بازی و بازی گزارش شده است (بین ۰/۲ تا ۰/۴) (۵). کبالت از دامنه تغییرات کمتری نسبت به سایر عناصر برخوردار است و خاک‌های حاصل از فیلیت، بازالت، شیل، کنگلومرا-شیل و دولومیت به ترتیب با ۲۸/۳، ۲۸/۱، ۲۷/۵، ۲۷/۵ و ۲۶/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بیش‌ترین مقدار را در بین خاک‌های مختلف نشان می‌دهند و کم‌ترین مقدار آن در خاک‌های آندزیتی و آهکی دیده می‌شود (به ترتیب با میانگین ۱۸/۲ و ۱۷/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک). تحقیقات نشان می‌دهد که

جدول ۵- غلظت کل عناصر سنگین در خاک‌رخ‌های منتخب (رسوبات آبرفتی)

Table 5. Total concentration of heavy elements in selected soil profiles (Alluvial sediments)

نیم‌رخ	افق	عمق	مس	سرب	نیکل	روی	کادمیم	کروم	کبالت	منگنز	آهن
		cm	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	g/kg
Qa1	A _p	۰-۲۴	۳۰/۰	۶۳/۸	۴۸/۸	۱۰۰/۰	۰/۳۷	۳۳/۸	۲۶/۳	۶۷۰/۰	۱۹/۹
	B _w	-۴۴	۲۷/۵	۵۰/۰	۴۷/۵	۸۳/۸	۰/۲۷	۲۷/۵	۲۲/۵	۵۵۷/۵	۱۷/۱
	B _{k1}	-۷۴	۲۵/۰	۴۸/۸	۴۵/۰	۷۸/۸	۰/۱۷	۲۲/۵	۲۲/۵	۴۰۳/۸	۱۶/۶
	B _{k2}	-۱۱۸	۲۲/۵	۹۲/۵	۳۷/۵	۵۳/۸	۰/۱۰	۱۸/۸	۲۳/۸	۲۵۳/۸	۱۱/۲
Qa2	A _p	۰-۳۰	۲۳/۸	۹۰/۰	۴۷/۵	۶۸/۸	۰/۲۵	۲۳/۸	۲۲/۵	۴۷۲/۵	۱۴/۸
	B _k	-۷۵	۲۲/۵	۷۱/۳	۳۵/۰	۶۲/۵	۰/۱۴	۲۵/۰	۲۲/۵	۳۳۶/۳	۱۵/۱
	B _{kk1}	-۱۲۷	۱۶/۳	۴۲/۵	۳۲/۵	۵۳/۸	۰/۰۵	۱۷/۵	۲۱/۳	۲۷۸/۸	۱۰/۶
Qa3	A _p	۰-۲۱	۳۰/۰	۷۱/۳	۵۱/۳	۸۳/۸	۰/۲۴	۲۸/۸	۲۶/۳	۶۱۸/۸	۱۹/۱
	B _{k1}	-۸۰	۲۶/۳	۷۶/۳	۳۳/۸	۷۷/۵	۰/۱۷	۱۸/۸	۲۵/۰	۳۷۱/۳	۱۳/۳
	B _{k2}	-۱۳۴	۲۱/۳	۷۶/۳	۳۸/۸	۷۶/۳	۰/۱۸	۲۰/۰	۲۲/۵	۳۸۳/۸	۱۲/۵
Qa4	A _p	۰-۳۳	۲۸/۸	۱۱۱/۳	۳۷/۵	۸۳/۸	۰/۱۹	۲۶/۳	۲۱/۳	۶۷۶/۳	۱۴/۹
	B _{k1}	-۷۲	۲۷/۵	۶۵/۰	۲۵/۰	۶۸/۸	۰/۲۳	۲۳/۸	۲۵/۰	۴۶۲/۵	۱۴/۸
	B _{k2}	-۱۱۶	۲۲/۵	۷۱/۳	۲۸/۸	۷۱/۳	۰/۰۱	۱۶/۳	۲۳/۸	۳۳۸/۸	۱۰/۵
	B _{k3}	-۱۶۰	۳۰/۰	۹۷/۵	۲۶/۳	۸۳/۸	۰/۰۵	۱۵/۰	۲۳/۸	۳۸۰/۰	۱۳/۹

جدول ۶- غلظت کل عناصر سنگین در خاک‌رخ‌های منتخب (مواد آذرینی)

Table 6. Total concentration of heavy elements in selected soil profiles (Igneous material)

نیم‌رخ	افق	عمق	مس	سرب	نیکل	روی	کادمیم	کروم	کبالت	منگنز	آهن
		cm	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	g/kg
Gr	A	۰-۳۳	۲۳/۸	۴۷/۵	۲۶/۳	۸۲/۵	۰/۲۶	۲۸/۸	۲۰/۰	۷۰۰/۰	۱۵/۱
	B _{w1}	-۶۴	۲۸/۸	۶۵/۰	۴۲/۵	۷۸/۸	۰/۱۳	۲۵/۰	۲۲/۵	۶۵۰/۰	۱۸/۷
	B _{w2}	-۱۳۴	۲۱/۳	۴۳/۸	۳۳/۸	۷۲/۵	۰/۰۷	۲۰/۰	۲۰/۰	۴۵۰/۰	۱۳/۵
Ba	A	۰-۲۵	۵۰/۰	۷۳/۸	۳۰/۰	۱۳۱/۳	۰/۰۸	۱۸/۸	۲۷/۵	۷۹۳/۸	۲۰/۶
	B _{w1}	-۷۰	۵۶/۳	۵۳/۸	۳۷/۵	۱۴۵/۰	۰/۱۷	۲۶/۳	۳۰/۰	۷۶۸/۸	۲۴/۲
	B _{w2}	-۱۲۸	۴۷/۵	۵۳/۸	۴۵/۰	۱۳۲/۵	۰/۱۷	۲۸/۸	۳۰/۰	۶۶۱/۳	۲۴/۲
An	A	۰-۲۵	۳۲/۵	۴۱/۳	۱۵/۰	۹۳/۸	۰/۱۵	۸/۸	۱۸/۸	۶۴۳/۸	۱۳/۹
	AC	-۴۰	۲۵/۰	۵۶/۳	۱۷/۵	۸۲/۵	۰/۱۸	۱۶/۳	۱۷/۵	۶۰۱/۳	۱۲/۸
	R	۴۰ ⁺	۲۳/۸	۴۳/۸	۷/۵	۱۰۰/۰	۰/۰۲	۲/۵	۱۷/۵	۳۷۷/۵	۵/۴
Pr	A	۰-۳۰	۴۵/۰	۴۷/۵	۲۲/۵	۹۲/۵	۰/۲۰	۱۸/۸	۲۱/۳	۸۵۷/۵	۱۶/۷
	B _w	-۶۷	۵۷/۵	۴۰/۰	۶/۳	۸۲/۵	۰/۲۱	۱۰/۰	۱۷/۵	۸۳۸/۸	۱۰/۶
	C	-۱۰۲	۲۳/۸	۳۳/۸	۵/۰	۹۲/۵	۰/۲۰	۸/۸	۱۸/۸	۸۳۶/۳	۱۱/۶
	R	۱۰۳ ⁺	۱۶/۳	۴۱/۳	۶/۳	۶۶/۳	۰/۰۳	۷/۵	۲۱/۳	۸۲۷/۵	۱۳/۵
Tu	A	۰-۳۰	۲۶/۳	۵۵/۰	۵۰/۰	۷۰/۰	۰/۳۳	۲۵/۰	۳۰/۰	۵۲۳/۸	۱۹/۱
	B _{k1}	-۶۱	۳۲/۵	۴۷/۵	۵۰/۰	۶۵/۰	۰/۲۲	۲۳/۸	۲۳/۸	۵۷۰/۰	۱۷/۱
	B _{k2}	-۱۱۸	۲۸/۸	۵۸/۸	۵۳/۸	۷۲/۵	۰/۱۵	۲۷/۵	۲۵/۰	۵۵۶/۳	۱۹/۳
	C	-۱۴۹	۱۳/۸	۶۰/۰	۱۸/۸	۳۸/۸	۰/۱۵	۸/۸	۱۷/۵	۱۶۷/۵	۴/۳

جدول ۷- غلظت کل عناصر سنگین در خاک‌رخ‌های منتخب (مواد رسوبی)

Table 7. Total concentration of heavy elements in studied soil profiles (Deposit material)

نیم‌رخ	افق	عمق	مس	سرب	نیکل	روی	کادمیم	کروم	کبالت	منگنز	آهن
		cm	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	g/kg
	A	۰-۲۷	۱۶/۳	۷۰/۰	۳۶/۳	۶۳/۳	۰/۱۳	۱۳/۸	۲۱/۳	۱۱۲/۵	۸/۰
Li	C1	-۷۴	۱۰/۰	۵۲/۵	۵/۰	۴۰/۰	۰/۰۳	۱۰/۰	۲۰/۰	۵۳/۸	۲/۷
	C2	-۱۰۹	۷/۵	۵۳/۸	۳/۸	۴۱/۳	۰/۰۱	۱۰/۰	۱۵/۰	۵۳/۸	۵/۴
	C3	-۱۵۰	۶/۳	۵۵/۰	۱۶/۳	۵۵/۰	۰/۱۲	۱۰/۰	۱۵/۰	۵۵/۰	۴/۱
	R	۱۵۰ ⁺	۲۱/۳	۱۱۰/۰	۲۱/۳	۱۱۶/۳	۰/۳۳	۸/۸	۲۵/۰	۱۱۰/۰	۳/۷
	A	۰-۳۵	۲۵/۰	۸۰/۰	۵۸/۸	۷۱/۳	۰/۲۳	۳۳/۸	۲۸/۸	۸۰/۰	۲۰/۲
	B _w	-۷۸	۲۵/۰	۵۲/۵	۵۱/۳	۶۸/۸	۰/۲۱	۴۲/۵	۲۸/۸	۵۲/۵	۱۷/۹
Cg	C _r	-۱۳۵	۱۷/۵	۶۵/۰	۳۷/۵	۵۱/۳	۰/۱۶	۸/۸	۲۵/۰	۷۵/۰	۳/۵
	R	۱۳۵ ⁺	۱۱/۳	۹۶/۳	۲۵/۰	۳۸/۸	۰/۰۳	۱۱/۳	۲۶/۳	۹۶/۳	۱/۳
	A	۰-۳۰	۱۸/۸	۵۳/۸	۲۵/۰	۸۲/۵	۰/۱۳	۴۷/۵	۲۸/۸	۵۳/۸	۳۳/۷

۳۷/۴	۳۵/۰	۲۶/۳	۳۸/۸	۰/۱۰	۸۸/۸	۴۳/۸	۳۵/۰	۱۵/۰	-۵۳	B _{w1}	
۳۳/۲	۵۰/۰	۲۷/۵	۳۷/۵	۰/۰۳	۷۸/۸	۴۵/۰	۵۰/۰	۱۲/۵	-۷۸	B _{w2}	Sh
۸۶/۷	۳۰/۰	۴۲/۵	۱۰/۱۳	۰/۰۳	۱۳۰/۰	۵۳/۸	۳۰/۰	۱۸/۸	۷۸ ⁺	R	
۲۱/۹	۴۹۰/۰	۲۵/۰	۲۵/۰	۰/۱۱	۶۱/۳	۴۲/۵	۴۰/۰	۲۲/۵	۰-۲۰	A	
۲۷/۱	۵۳۲/۵	۳۲/۵	۳۵/۰	۰/۲۰	۷۲/۵	۳۶/۳	۶۱/۳	۲۶/۳	-۶۰	B _{k1}	
۲۷/۶	۵۵۸/۸	۲۷/۵	۳۱/۳	۰/۱۴	۶۰/۰	۴۵/۰	۳۸/۸	۲۳/۸	-۹۳	B _{k2}	Ph
۵۷/۸	۱۸۲/۵	۲۷/۵	۶۸/۸	۰/۰۶	۴۱/۳	۲۶/۳	۳۱/۳	۴۳/۸	۹۳ ⁺	R	
۲۶/۸	۷۶۶/۳	۳۳/۸	۱۰/۰	۰/۱۰	۷۱/۳	۸/۸	۵۲/۵	۶۱/۳	۰-۲۲	A	
۱۴/۵	۵۰۰/۰	۱۵/۰	۵/۰	۰/۰۱	۷۸/۸	۱۱/۳	۳۶/۳	۵۸/۸	-۱۱۰	Cr	Sa
۱۷/۴	۵۱۱/۳	۱۶/۳	۶/۳	۰/۰۱	۸۳/۸	۱۲/۵	۳۷/۵	۶۳/۸	۱۱۰ ⁺	R	
۲۲/۸	۱۰۲۳/۸	۳۰/۰	۳۵/۰	۰/۳۴	۸۷/۵	۶۶/۳	۶۳/۸	۳۰/۰	۰-۳۷	A	
۱۲/۳	۳۶۲/۵	۲۵/۰	۲۸/۸	۰/۱۲	۶۰/۰	۵۱/۳	۸۱/۳	۲۰/۰	-۷۳	B _{k1}	
۲۰/۹	۶۱۳/۸	۲۵/۰	۳۳/۸	۰/۲۳	۷۷/۵	۴۸/۸	۹۶/۳	۲۶/۳	-۱۲۲	B _{k2}	Do
۱۷/۱	۷۱۱/۳	۲۶/۳	۲۲/۵	۰/۲۲	۶۸/۸	۵۷/۵	۵۵/۰	۲۵/۰	-۱۷۵	B _{k3}	
۲/۴	۵۷۷/۵	۳۱/۳	۱۰/۰	۰/۴۸	۳۶/۳	۲۲/۵	۱۲۳/۸	۱۵/۰	۱۷۵ ⁺	R	

جدول ۸- میانگین غلظت کل فلزات سنگین خاک‌ها در خاک‌رخ‌ها (اساس نوع ماده مادری)

Table 8. Total average concentration of heavy elements in soil profiles (based on parent material type)

آهن	منگنز	کبالت	کروم	کادمیم	روی	نیکل	سرب	مس	
۱۳/۶ ^{cd}	۴۱۲/۱ ^c	۲۳/۱ ^{abc}	۲۱/۶ ^{bcd}	۰/۱۶ ^{abc}	۷۴/۸ ^{bc}	۳۴/۶ ^{bc}	۶۹/۱ ^{ab}	۲۴/۵ ^{cd}	آبرفتی (Qa)
۱۳/۶ ^{cd}	۵۱۳/۱ ^{bc}	۲۰/۰ ^{bc}	۲۱/۳ ^{bcd}	۰/۱۴ ^{abc}	۷۱/۳ ^{bcd}	۳۱/۶ ^{bcd}	۵۴/۷ ^{abc}	۲۱/۶ ^{cd}	گرانیت (Gr)
۲۱/۳ ^{bc}	۶۸۴/۱ ^{ab}	۲۸/۱ ^a	۲۳/۲ ^{bc}	۰/۱۴ ^{abc}	۱۳۰/۳ ^a	۳۱/۰ ^{bcd}	۶۷/۶ ^{abc}	۴۷/۲ ^b	بازالت (Ba)
۱۳/۴ ^{cd}	۶۲۲/۶ ^{abc}	۱۸/۲ ^c	۱۲/۶ ^{cde}	۰/۱۷ ^{abc}	۸۸/۲ ^b	۱۶/۳ ^{cde}	۴۸/۸ ^{abc}	۲۸/۸ ^c	آندزیت (An)
۱۳/۰ ^d	۸۴۴/۲ ^a	۱۹/۲ ^{bc}	۱۲/۵ ^{cde}	۰/۲۰ ^{ab}	۸۹/۲ ^b	۱۱/۳ ^e	۴۰/۴ ^c	۴۲/۱ ^b	پورفیریت (Pr)
۱۵/۰ ^{cd}	۴۵۴/۴ ^{bc}	۲۴/۱ ^{ab}	۲۱/۳ ^{bcd}	۰/۲۱ ^{ab}	۶۱/۶ ^{cd}	۴۳/۲ ^{ab}	۵۵/۳ ^{abc}	۲۵/۴ ^{cd}	توف (Tu)
۵/۱ ^e	۶۸/۸ ^d	۱۷/۸ ^c	۱۱/۰ ^{de}	۰/۰۷ ^{bc}	۵۰/۰ ^d	۱۵/۴ ^{de}	۵۷/۸ ^{abc}	۱۰/۰ ^e	سنگ آهک (Li)
۱۳/۹ ^{cd}	۶۹/۲ ^d	۲۷/۵ ^a	۲۸/۴ ^b	۰/۲۰ ^{abc}	۶۳/۸ ^{cd}	۴۹/۲ ^{ab}	۶۵/۸ ^{abc}	۲۲/۵ ^{cd}	کنگولومرا-شیل (Cg)
۲۵/۵ ^b	۵۲۷/۱ ^{bc}	۲۸/۳ ^a	۳۰/۴ ^b	۰/۱۵ ^{abc}	۶۴/۶ ^{cd}	۴۱/۳ ^{ab}	۴۶/۷ ^{abc}	۲۴/۲ ^{cd}	فیلیت (Ph)
۲۰/۷ ^{bcd}	۶۳۳/۲ ^{abc}	۲۴/۴ ^{ab}	۷/۵ ^e	۰/۰۶ ^c	۷۵/۱ ^{bc}	۱۰/۱ ^e	۴۴/۴ ^{bc}	۶۰/۱ ^a	ماسه سنگ (Sa)
۱۸/۳ ^{bcd}	۶۷۷/۹ ^{ab}	۲۶/۶ ^a	۳۰/۰ ^b	۰/۲۳ ^a	۷۳/۵ ^{bc}	۵۶/۰ ^a	۷۴/۱ ^a	۲۵/۳ ^{cd}	دولومیت (Do)

نتیجه‌گیری

در سه گروه بزرگ خاک‌های آبرفتی، آذرینی و رسوبی، بالاترین میزان ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی و درصد شن به ترتیب در خاک‌های آذرینی بیش‌تر از خاک‌های رسوبی و در این خاک‌ها نیز بیش‌تر از خاک‌های آبرفتی بدست‌آمد. همچنین

نتایج نشان می‌دهد که تنوع در مواد مادری می‌تواند بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و غلظت و توزیع عناصر در طول پروفیل خاک تأثیر بگذارد. در تمام نمونه‌های مربوط به افق‌های ژنتیکی، غلظت عناصر سنگین از تغییرات وسیعی برخوردار بود.

conditions on content and distribution of selected major and trace elements in forest soils of Fuman-Masule region. JWSS - Isfahan University of Technology, Vol. 14, No. 51, pp. 71-86.

6. Akihiro, I., Kazahito, M., Seiichi, O., 2002. Chemical properties and classification of Japanese brown forest soils derived from various parent materials. In: Proceeding of the 17th Congress of Soil Science. 2002. August 14-21, Bangkok, Thailand. Symposium, No. 40, Paper No. 468.
7. Owliaie, H.R., Abtahi, A., Heck, R.J., 2006. Pedogenesis and clay mineralogical investigation of soils formed on gypsiferous and calcareous materials, on a transect, south western Iran. Geoderma, Vol. 134, pp. 62-81.
8. Schoeneberger, P.J., Wysocki, D.A., Benham, E.C., Broderson, W.D., 2002. Field book for describing and sampling soils, Version 2.0 Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE. 228 P.
9. Soil Survey Staff. 2014. Soil Taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. 11th ed. Govt. Print, Office, Washington D.C.
10. Burt, R. (Ed.), 2004. Soil Survey Laboratory Methods Manual, Soil Survey Investigations, Report No. 42, Version 4.0, USDA, Natural Resources Conservation Service, Lincoln, NE, USA. 735 P.
11. Sposito, G., Lund, L.J., Chang, A.C., 1982. Trace metal chemistry in arid zone field soils amended with sewage sludge: I. Fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd and Pb in solid phases. Soil

بیشترین درصد آهنک، هدایت الکتریکی و سرب به ترتیب در خاک‌های آبرفتی بیش‌تر از خاک‌های رسوبی و در این خاک‌ها نیز بیش‌تر از خاک‌های آذرینی مشاهده شد. مقادیر بالای pH و آهن به ترتیب در خاک‌های رسوبی بیش‌تر از خاک‌های آذرینی و در این خاک‌ها نیز بیش‌تر از آبرفتی و درصد رس، مس، روی، کادمیم و منگنز در خاک‌های آذرینی بیش‌تر از خاک‌های آبرفتی و در این خاک‌ها نیز بیش‌تر از رسوبی و سیلت، نیکل، کروم و کبالت در خاک‌های رسوبی بیش‌تر از خاک‌های آبرفتی و در این خاک‌ها نیز بیش‌تر از آذرینی بدست آمد.

Reference

1. Palumbo, B., Angelone, M., Bellanca, A., Dazzi, C., Hauser, S., Neri, R., Wilson, S., 2000. Influence of inheritance and pedogenesis on heavy metal distribution in soils of Sicily, Italy. Geoderma, Vol. 95, pp. 247-266.
2. Bi, X., Feng, X., Yang, Y., Qiu, G., Li, G., Li, F., Liu, T., Fu, Z., Jin, Z., 2006. Environmental contamination of heavy metals from zinc smelting areas in Hezhang County, western Guizhou, China. Environment International, Vol. 32, pp. 883-890.
3. Eze, P.N., Udeigwe, T.K., Stietiya, M.H., 2010. Distribution and potential source evaluation of heavy metals in prominent soils of Accra Plains, Ghana. Geoderma, Vol. 156, pp. 357-362.
4. Blaser, P., Zimmermann, S., Luster, J., Shotyk, W., 2000. Critical examination of trace element enrichment and depletions in soils: As, Cr, Cu, Ni, Pb, and Zn in Swiss forest soils. Science of the Total Environment. Vol. 249, pp. 257-280.
5. Nael, M., Jalalian, A., Khademi, H., Kalbasi, M., Sotohan, F., Schulin, R., 2010. Effect of geopedological

14. Farhangimaleki, N., 2005. Parent material effect on physiochemical properties and mineralogy of some soils of Gilan. Master's thesis, Faculty of Agriculture, University of Gilan. 111 Pages.
15. Kabata-Pendias, A., Pendias, H., 2001. Trace Elements in Soils and Plants. Third Ed. CRC Press, Boca Raton, London. 413 P.
16. Nael, M., Khademi, H., Jalalian, A., Schulin, R., Kalbasi, M., Sotohian, F., 2009. Effect of geo-pedological conditions on the distribution and chemical speciation of selected trace elements in forest soils of western Alborz, Iran. *Geoderma*, Vol. 152, pp. 157-170.
17. Nael, M., Khademi, H., Jalalian, A., Schulin, R., Kalbasi, M., Sotohian, F., 2009. Parent material effect on physiochemical properties and mineralogy of some soils of Gilan. *Science Society of American journal*, Vol. 46, pp. 260-264.
12. Nael, M., Jalalian, A., Khademi, H., Kalbasi, M., Sotohian, F., Schulin, R., 2011. The effect of parent material and soil development on geochemical characteristics of forest soils in Fuman-Masule region. *JWSS - Isfahan University of Technology*, Vol. 14, No. 54, pp. 135-153.
13. Sheklabadi, M., 2000. Relative erodible soils and geological investigation of its relationship with a number of physical and chemical properties of soils in the watershed Golabadi. Master's thesis, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology. 130 P.