

## کارایی سامانه‌های رده‌بندی آمریکایی (ST) و جهانی (WRB) در توصیف ویژگی‌های خاک‌های شور و گچی در برخی مناطق استان آذربایجان شرقی

ویدا منتخبی کلجاهی<sup>۱\*</sup>، علی اصغر جعفرزاده<sup>۲</sup>، شاهین اوستان<sup>۲</sup>، فرزین شهبازی<sup>۳</sup>، رضا عربی بلاغی<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۱/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۶/۳/۱۶

<sup>۱</sup> - دانشجوی دکتری، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

<sup>۲</sup> - استاد، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

<sup>۳</sup> - دانشیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

<sup>۴</sup> - استادیار، گروه آمار، دانشکده علوم ریاضی، دانشگاه تبریز

\* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: v.montakhabi@gmail.com

### چکیده

برای مدیریت و استفاده بهینه از خاک نیاز به رده‌بندی درست خاک‌ها و شناسایی ویژگی‌های اصلی آنها می‌باشد. بنابراین در این تحقیق کارایی دو سامانه رده‌بندی خاک و همچنین بررسی یکی از اصلی‌ترین ویژگی‌های خاک یعنی شناسایی و تخمین مقدار نسبی کانی‌های رسی که بیشتر ویژگی‌های خاک را تحت تاثیر قرار می‌دهد مورد بحث قرار گرفته است. بدین منظور خاک‌های شور و گچی دو منطقه از آذربایجان شرقی (دشت تبریز و خواجه) انتخاب و پس از تشریح خاکرخ‌ها، همه افق‌ها و لایه‌ها نمونه‌برداری شدند. سپس نمونه‌ها آماده و آزمایشات مختلف برای بررسی کارایی دو سامانه آمریکایی و مرجع جهانی انجام گرفت. در اکثر خاکرخ‌ها وجود افق‌های تحتانی با بافت سنگین رسی باعث تجمع بیش از حد املاح در افق‌های سطحی و میانی و تشکیل افق سالیک و جیپسیک شده است. بطور کلی خاک‌های این دو منطقه بر اساس سامانه مرجع جهانی (WRB) و آمریکایی (ST) به ترتیب در سه گروه اصلی سولونچاک، سولونتنز و جیپسی‌سول و در دو زیررده سالیدنز و جیپسیدنز رده‌بندی می‌شوند. بر اساس نتایج کانی‌شناسی، غالب‌ترین و فراوان‌ترین کانی رس در این خاک‌ها، کانی ایلیت بوده که می‌تواند به صورت کلاس کانی‌شناسی در قسمت خانواده سامانه آمریکایی مورد استفاده قرار گیرد. در نتیجه سامانه جهانی (با پیشنهاد اضافه کردن کلاس مینرالوژی در لیست توصیف‌کننده‌ها) نسبت به سامانه آمریکایی کارایی بهتری در توصیف ویژگی‌های این خاک‌ها در نام کلاس خود اراده می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: سامانه‌های رده‌بندی خاک ST و WRB، خاک شور، خاک گچی، کانی‌های رس

## Soil Taxonomy (ST) and World Reference Base (WRB) Systems Proficiency to describe Saline and Gypsiferous Soils Properties in Some Region of East Azerbaijan

V Montakhabi Kalajahi<sup>1\*</sup>, AA Jafarzadeh<sup>2</sup>, Sh Oustan<sup>2</sup>, F Shahbazi<sup>3</sup>, R Arabi Belaghi<sup>4</sup>

Received: 2016.3.30 Accepted: 2017.06.06

<sup>1</sup>Ph.D Student, Dept. of Soil Sci., Univ. of Tabriz. Iran

<sup>2</sup>Prof., Dept. of Soil Sci., Univ. of Tabriz. Iran

<sup>3</sup>Assoc. Dept. of Soil Sci., Univ. of Tabriz. Iran

<sup>4</sup>-Assist. Dept. of Statistics, Univ. of Tabriz. Iran

\*Corresponding Author, Email: v.montakhabi@gmail.com

### Abstract

The soil management and optimum usage require a correct soil classification and detection of their main characteristics. So in this research work, the Soil Taxonomy and World Reference Base systems proficiency to qualify saline and gypsiferous soils properties and estimate of the relative amount of clay minerals with effect on soil characteristics are discussed. For this purpose, saline and gypsiferous soils of two regions from east Azerbaijan (Dasht-e-Tabriz and Khaje) were selected and after soil profiles description, sampling of all horizons and layers were carried out. Then samples were prepared and different experiments were conducted for the study of ST and WRB proficiency. In the majority of soil profiles, the presence of heavy textured lower horizons has caused excessive accumulation of salts in the surface and middle horizons and salic and gypsic horizons formations. In general, according to WRB and ST, soils of these regions are classified in three reference soil groups of solonchaks, solonetz and gypsisols and two suborders of salids and gypsids, respectively. Based on mineralogical results, the most common and abundant clay mineral in this soils were illite which could be used as a mineralogy class in family level of ST system. As a result, in this kind of soils, the WRB system by high explanation of soil properties and adding dominant clay minerals name in qualifiers can be superior to ST.

**Keywords:** Clay minerals, Gypsiferous soils, Saline soil, ST and WRB soil classification systems

### مقدمه

مطالعه‌ی آنها، هماهنگی و همخوانی بیشتری داشته‌اند (اسواران و همکاران ۲۰۰۲). در این بین، دو سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی و مبنای مرجع جهانی، از استقبال عمومی بیشتری در بین کشورهای مختلف، از جمله ایران، برخوردار می‌باشند. هرچند در هر دو سامانه، از معیارهای متکی به خواص ژنتیکی و مورفولوژیکی خاک، برای نامگذاری و تعیین ساختار ویژگی‌های آن استفاده شده است (گراسیمووا ۲۰۱۰)؛ اما ارتباط این

طبقه‌بندی در هر علم امری اساسی بوده و از این امر نه تنها در نظم دادن بین اشیا و مفاهیم استفاده می‌شود بلکه از طریق آن محققان علوم مختلف با سهولت بیشتر می‌توانند از مفاهیم استفاده کنند (هندریک ۱۹۳۴). سامانه‌های رده‌بندی مختلفی برای گروه‌بندی خاک‌ها پیشنهاد شده‌اند و کشورهای متفاوت، سامانه‌هایی را پذیرفته‌اند که با خاک‌ها و روش‌های

شوند در این صورت اسمکتایت‌ها تشکیل می‌شوند (لی و همکاران ۲۰۰۳). بیول (۱۹۶۵) اظهار داشت که کانی‌شناسی خاک‌های مناطق خشک بیشترین وابستگی را به کانی‌شناسی مواد مادری دارد. بیول و همکاران (۲۰۰۳) کانی غالب افق B خاک‌های آریزونا را ایلاتیت گزارش و بیان نمودند تا زمانی که در خاک گچ و آهک یا افق کلسیک و ژپسیک وجود داشته باشد امکان تبدیل مونتئوریلونایت به کائولینایت و یا سایر کانی‌های مقاوم وجود ندارد، زیرا وقتی شرایط هواپدیدگی و حذف چنین کانی‌های با مقاومت کم وجود نداشته باشد و این‌ها در خاک ظاهر شوند حتماً شرایط تبدیل و تغییر کانی مقاوم مونتئوریلونایت به کائولینایت نیز وجود ندارد و این کانی موروثی می‌باشد. آنان همچنین گزارش می‌کنند که کانی‌های رس افق B در مناطق خشک حاصل جمع فرایندهای آبشویی و تجمع و هواپدیدگی درجا می‌باشند. نوع و مقدار رس‌ها یکی از ویژگی‌های مهم خاک محسوب می‌شود که بر بسیاری از ویژگی‌های دیگر مانند گنجایش تبادل کاتیونی و دسترسی عناصر غذایی تأثیرگذار است (شولیتز ۱۹۸۹) و به صورت کلاس کانی‌شناسی در سطح خانواده سامانه رده‌بندی آمریکایی و به صورت غیرمستقیم در ویژگی‌های برخی از افق‌های سامانه جهانی (مانند افق آرچیک، کندیک و غیره) مد نظر قرار گرفته است.

با توجه به اینکه علاوه بر کمبود آب، یکی از بارزترین محدودیت‌های انواع کاربری اراضی استان آذربایجان شرقی شوری و گچی بودن خاک است؛ بنابراین توجه به این نوع خاک‌ها و بررسی آنها در سامانه‌های طبقه‌بندی مختلف حائز اهمیت می‌باشد.

#### مواد و روش‌ها

به منظور دستیابی به اهداف این پژوهش، دو منطقه از استان آذربایجان شرقی انتخاب گردید. منطقه اول بخشی از دشت تبریز بوده که در غرب شهر تبریز بین  $38^{\circ} 9'$  تا  $38^{\circ} 12'$  عرض شمالی و  $46^{\circ} 6'$  تا  $46^{\circ}$  طول شرقی قرار گرفته و منطقه دوم در شمال شرق تبریز واقع شده و از شرق خواجه شروع و تا ساخسلو ادامه دارد، این منطقه در محدوده  $38^{\circ} 7' 30''$  تا  $38^{\circ} 11' 30''$  عرض

سامانه‌ها به یکدیگر و تلاش برای هم‌سان سازی آنها، همواره یکی از دغدغه‌های خاکشناسان بوده است. از نظر روزیتر (۲۰۰۱) گروه‌های مرجع سامانه WRB از نظر مفهومی معادل رده و زیررده در سامانه ST بوده و نیز تقسیم‌بندی سطح دوم سامانه WRB یا واحدهایی با ترکیبی از صفت‌ها، معادل گروه بزرگ و یا زیرگروه در سامانه ST می‌باشند. و از نظر شاد و میشل (۲۰۱۰) این دو سامانه‌ی رده‌بندی به دلیل تفاوت در ساختارشان، دارای نقاط ضعف و قوت متفاوتی هستند. به عقیده رکا و بازس (۲۰۰۲) سامانه رده‌بندی مبنای مرجع جهانی برای مناطقی که از امکانات کمتری برخوردار هستند مناسب می‌باشد، چون این سامانه بیشتر بر مورفولوژی خاک تأکید کرده و در رده‌بندی خاک از تجزیه‌های آزمایشگاهی کمتری استفاده می‌کند. در مقابل این؛ سامانه رده‌بندی آمریکایی به اطلاعات آزمایشگاهی بیشتری نیازمند بوده و هزینه و وقت زیادی را مستلزم می‌باشد (اسفندیارپور و همکاران ۱۳۹۰ و شاد و میشل ۲۰۱۰). رده‌بندی خاک در سامانه ST با وجود هزینه‌های زیاد اطلاعات بیشتری بدست می‌دهد، در نظر گرفتن سطح فامیل در این سامانه برای اهداف مدیریتی مناسب است (میور ۱۹۶۲ و کلید رده‌بندی آمریکایی ۲۰۱۴). یکی از ویژگی‌های مهم قابل استفاده در این سطح کانی‌شناسی می‌باشد (کلید رده‌بندی آمریکایی ۲۰۱۴). بیش از نیمی از حجم خاک را کانی‌های رسی تشکیل دادند و آنها به دلیل توانایی‌هایشان نقش بسزایی در حاصلخیزی خاک دارند (لیندسی ۱۹۹۲). ایلاتیت، اسمکتایت، کلرایت، کائولینایت، ورمیکولایت و پالی‌گورسکایت بعنوان کانی‌های غالب در مناطق خشک و نیمه خشک گزارش شده است (بهمنی و همکاران ۱۳۹۰، صالحی و همکاران ۱۳۸۲، خرمالی و همکاران ۲۰۰۳، ویلسون ۱۹۹۹). در شرایط آب و هوایی گرم و مرطوب حاره ای با حداکثر درجه هوادیدگی اکسیدهای آهن و کائولینایت غالب است. در شرایط خشک و نیمه خشک که هوادیدگی فیزیکی بارزتر است، در صورت وجود پتاسیم و منیزیم در مواد مادری خاک ایلاتیت و کلرایت بوجود می‌آید، اما اگر زهکشی محدود باشد به طوری که کاتیون‌های بازی نتوانند آبشویی

شمالی و °۳۷'۳۰ تا °۴۴'۳۰ طول شرقی واقع شده است. بر اساس تقسیمات اقلیمی به روش گوسن، مناطق مورد مطالعه جزو نواحی استپی سرد با زمستان‌های سرد و تابستان‌های نسبتاً گرم می‌باشد (بی‌نام ۱۳۷۰). خاک‌های این دو منطقه دارای رژیم رطوبتی Xeric border to Aridic (Weak Aridic) و رژیم حرارتی Mesic می‌باشد (فروغی‌فر ۱۳۸۹ و ثروتی ۱۳۹۲). جهت نیل به اهداف مطالعه خاک‌های دو منطقه که در آنها شوری و حضور گچ در تحقیقات پیشین گزارش شده بود جهت مطالعه انتخاب گردید. پس از بررسی داده‌های پیشین و با توجه به ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی موجود (جدول ۱ و ۲)، برای بررسی‌های تکمیلی به مناطق مورد نظر مراجعه و نمونه‌هایی از افق‌های تجمعی خاک‌های مورد نظر برای آزمایشات کانی‌شناسی برداشته شد. بعد از خشک شدن خاک‌ها و آماده‌سازی نمونه‌ها، اقدام به حذف املاح محلول و گچ (با استفاده از آب مقطر)، کربنات‌ها (با استفاده از استات سدیم)، مواد آلی (با استفاده از آب اکسیژنه)، اکسیدهای آهن (با استفاده از سیترات سدیم، بی‌کربنات سدیم و دی‌تیونات سدیم) (مهر و جکسون ۱۹۶۰)، جداسازی بخش رس، اشباع نمونه‌های رس با منیزیم (هواخشک)، گلیسرول و پتاسیم (هوا خشک و دما ۵۵۰ درجه سلسیوس) و تهیه اسلایدهای رس جهت مطالعه با XRD (کیتریک، ۱۹۷۱ و کانز و دیکسون، ۱۹۹۶) انجام و در بررسی خانواده در سامانه ST مورد استفاده قرار گرفت. برای نیمه کمی

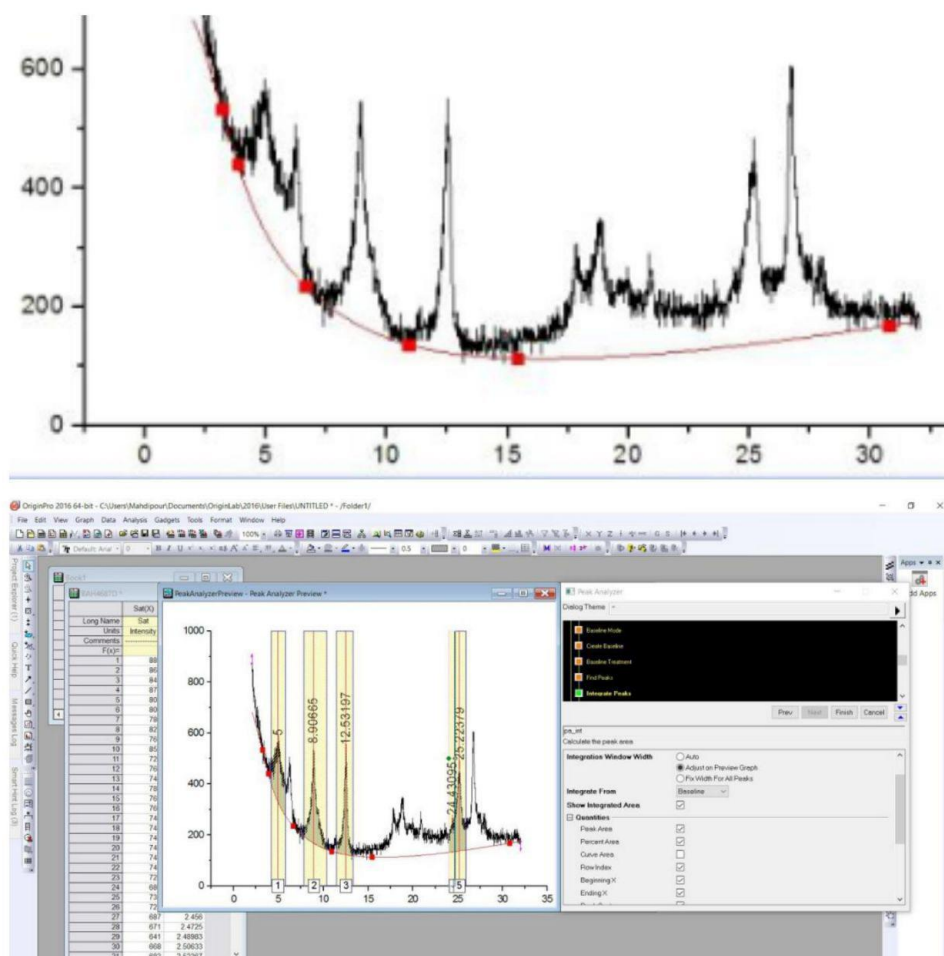
کردن پیک‌های حاصل از XRD مساحت زیر منحنی و درصد‌های نسبی توسط نرم‌افزار اورجین پرو<sup>۱</sup> مورد محاسبه قرار گرفت (بی‌نام ۲۰۱۷).

ارزیابی نیمه کمی برای شناسایی و تخمین اجزای اصلی کانی‌های رسی در انبوهی از کانی‌های خاک می‌باشد (بی‌نام ۲۰۰۱). متاسفانه بطور مستقیم شدت هر پیک در دیفراکتوگرام نمی‌تواند به طور دقیق نمایانگر فراوانی هر کانی باشد، زیرا مقدار نمونه، شرایط دستگاه اشعه ایکس و صفحات مختلف اتمی بر انکسار نور اشعه ایکس اثر گذار هستند. با این حال بیسکی (۱۹۶۵) با دادن ضرایبی برای مساحت هر پیک، تخمین قابل قبولی از فراوانی کانی‌ها را فراهم کرد، که این ضرایب برای هر پیک و کانی متفاوت می‌باشد؛ بطور مثال فراوانی شدت پیک ۱۷ انگستروم ۴ برابر ۱۰ انگستروم خواهد بود (بوچارت ۱۹۸۹).

با وارد کردن داده‌های حاصل از دستگاه XRD به نرم افزار مذکور، و با ایجاد خط پایه<sup>۲</sup> شروع به تعیین مساحت پیک‌های مورد نظر کرده (شکل ۱) و در نهایت با اعمال فاکتورهای مربوطه مساحت نسبی هر پیک بدست می‌آید. فاکتورهای مربوطه به ترتیب: مساحت هر پیک ۱۸ انگستروم در تیمار گلیسرول برای مونتیموریلونایت چهار برابر پیک ۱۰ انگسترومی ایلیت است و مساحت پیک ۷ انگسترومی کائولینایت و کلرایت دو برابر پیک ایلیت می‌باشد (بوچارت ۱۹۸۹، بی‌نام ۲۰۰۱).

<sup>۲</sup> Bace line

<sup>۱</sup> - OriginPro 2017



شکل ۱- نمای کلی از صفحه نرم‌افزار اوریجن پرو.

## نتایج و بحث

برخی از ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیکوشیمیایی خاک‌های مورد نظر به ترتیب در جداول ۱ و ۲ آورده شده است. با توجه به ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیکوشیمیایی، رده‌بندی خاک‌های مورد مطالعه بر اساس دو سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی و طبقه‌بندی جهانی تعیین گردید (جدول ۳).

وجود افق‌های تحتانی با بافت سنگین رسی در بیشتر خاک‌ها باعث توقف آب و برگشت آن بوسیله حرکت کاپیلاری به سطح می‌شود که این مسئله تجمع بیش از حد املاح در افق‌های سطحی‌تر و تشکیل افق سالیک و جیپسیک را سبب شده است. با توجه به ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک‌ها بجز خاک‌های شماره هشت، مابقی خاک‌ها دارای شوری زیاد، کربنات کلسیم ثانویه و افق کلسیک می‌باشند. کاربری عمده در این مناطق به دلیل

وجود املاح زیاد مرتع و چراگاه بوده و به ندرت کشاورزی انجام می‌گردد. خاک‌های مطالعاتی عمیق بوده و با توجه به افق‌های پدوژنیکی موجود (افق‌های کمبیک، کلسیک، جیپسیک، آرچلیک و سالیک) و حضور کانی‌های گروه اسمکتایت در خاک‌های ۱، ۲ و ۳ از تکامل پروفیلی خوبی برخوردار هستند. طبق سامانه طبقه‌بندی جهانی (WRB) بطور کلی خاک‌های این دو منطقه در سه گروه اصلی سولونچاک، سولونتز و جیپسی‌سول و در سامانه آمریکایی (ST) در دو زیررده سالیدز و جیپسیدز رده‌بندی می‌شوند (جدول ۳). نکته قابل توجه در رده‌بندی با سامانه WRB و یا عبارتی مزیت آن بر تاکسونومی این است که خاک‌های شور و خاک‌های شور و سدیمی را به خوبی از یکدیگر تفکیک کرده و در دو گروه مرجع مختلف سولونتز و سولونچاک قرار می‌دهد در صورتی که در تاکسونومی هر دو در زیر رده سالیدز رده‌بندی می‌شوند.

## جدول ۱- یافته‌های مرفولوژیکی خاک‌های شاخص.

افق	عمق (cm)	رنگ (خشک)	رنگ (مرطوب)	مرزها	ساختمان	آهک	گچ و املاح
خاک‌رخ شماره ۱ (طول شرقی "۲۳'۴۶° و عرض شمالی "۲۸'۳۸°)							
A	۰-۱۰	10YR4/4	10YR5/4	cw	1&2vfgr or 1vfabk	c2rsm	-
Bw1	۱۰-۱۸	7.5YR4/4	7.5YR5/4	cw	2fabk	-	-
Bw2	۱۸-۲۸	10YR4/4	10YR6/4	aw	1vfabk	c2iss	-
Btkz	۲۸-۵۵	10YR4/4	10YR6/3	cw	1&2fabk	c1iss	-
Bz	۵۵-۱۰۰	10YR4/4	10YR6/3	as	1vfabk	-	-
Cz	۱۰۰-۱۲۵	10YR5/4	10YR7/4	as	sg	-	-
2Btb	۱۲۵-۱۵۰	7.5YR4/3	7.5YR6/4	-	1vfabk	-	-
خاک‌رخ شماره ۲ (طول شرقی "۴۱'۳۱° و عرض شمالی "۴۰'۲۸°)							
Az	۰-۱۸	7.5YR3/4	7.5YR5/4	cw	2vfabk	c1rsm	-
Btnkz	۱۸-۵۵	10YR4/4	10YR6/4	cw	P: prm&c C:2f&mabk	m2iss	-
BC	۵۵-۸۰	7.5YR4/4	7.5YR6/4	cw	1vfabk&m assive	-	-
2Bzb	۵۵-۱۵۰	10YR4/4	10YR7/3	-	1vfabk	-	-
خاک‌رخ ۳ (طول شرقی "۳۵'۳۸° و عرض شمالی "۳۷'۳۸°)							
Az	۱۰-۰۰	10 YR 6/3	10 YR 5/3	-	1vfgr	-	H2f3
Bkyz1	۳۲-۱۰	7/5 YR 6/2	7/5 YR 4/3	as	3fsbk	-	G2f2
Bkyz2	۴۷-۳۲	7/5 YR 6/3	7/5 YR 4/2	aw	3msbk	-	G2f3
Bkz	۸۲-۴۷	7/5 YR 6/2	7/5 YR 4/2	cw	2cabk	-	H2C3
BC	۱۴۶-۸۲	10 YR 5/3	10 YR 4/2	cw	1cabk	-	H2m4
خاک‌رخ ۴ (طول شرقی "۱۶'۳۹° و عرض شمالی "۱۴'۳۸°)							
Az	۱۵-۰۰	7/5 YR 6/3	7/5 YR 5/3	-	2fabk	-	H2f1
Btnz1	۶۴-۱۵	7/5 YR 5/4	7/5 YR 4/4	cw	3mpr	-	H2c2
Btnz2	۱۰۷-۶۴	7/5 YR 5/4	7/5 YR 4/4	cw	2cpr	-	H2c2
C	۱۵۲-۱۰۷	5 YR 6/3	5 YR 5/3	cw	m	-	H2m4
خاک‌رخ ۵ (طول شرقی "۳۹'۴۰° و عرض شمالی "۲۴'۳۸°)							
A	۱۶-۰۰	10 YR 5/3	10 YR 4/4	-	2fabk	-	-
Byz1	۳۰-۱۶	10 YR 6/3	10 YR 5/3	aw	3fabk	-	G2c3
Btyzn	۵۲-۳۰	10 YR 6/3	10 YR 5/3	cw	2cpr	-	G2c2
Byz1	۷۶-۵۲	10 YR 6/2	10 YR 4/4	cw	2cabk	-	G2c3
Byz2	۱۴۲-۷۶	10 YR 5/3	10 YR 4/3	gw	1cabk	-	G3m2
خاک‌رخ ۶ (طول شرقی "۲۱'۴۲° و عرض شمالی "۱۴'۳۸°)							
Apz	۲۵-۰۰	7/5 YR 6/3	7/5 YR 4/2	-	3mabk	-	-
Bkz	۵۵-۲۵	10 YR 5/3	10 YR 4/3	as	2mabk	K2c2	-
Bkyz1	۷۹-۵۵	10 YR 5/3	YR10 4/3	cw	2mabk	K2c3	G2f2, H2c2
Bkyz2	۱۰۰-۷۹	10 YR 6/3	10 YR 5/3	cw	2fabk	K2f4	G2f2, H2c2
2Bkyz	۱۴۶-۱۰۰	10 YR 5/3	10 YR 4/3	cw	2fabk	K2f4	G2f2, H2m2
خاک‌رخ ۷ (طول شرقی "۵'۴۳° و عرض شمالی "۱۳'۳۸°)							
Ap	۲۴-۰۰	10 YR 6/2	10 YR 5/2	-	1mgr	-	-
Bkyz	۵۹-۲۴	10 YR 7/3	10 YR 6/2	aw	2mabk	C4m3	G2c3
Byz1	۸۶-۵۹	7/5 YR 7/1	7/5 YR 6/3	cw	2mabk	-	G2c2
Byz2	۱۴۰-۸۶	7/5 YR 7/3	7/5 YR 6/4	cw	1cabk	-	G2c2

خاکرخ ۸ (طول شرقی "۴۳°۲۴/۹" و عرض شمالی "۱۰°۱۹/۳")

-	-	1vfgr	-	7/5 YR 6/2	7/5 YR 7/3	۲۳-۰	A
G1m4	-	3mabk	aw	2/5 YR 6/2	2/5 YR 7/3	۷۴-۲۳	By
G1m4	-	3vcabk	gw	2/5 YR 7/3	2/5 YR 8/2	۱۰۰-۷۴	Byy
G1m5	-	3vcabk	gw	2/5 YR 7/3	2/5 YR 8/2	۱۴۴-۱۰۰	Byym

\*علامت‌های مورد استفاده،

مرزها: a-ناگهانی، c-واضح، s-صاف، w-موجی/ ساختمان: ۱-ضعیف، ۲-متوسط، ۳-قوی، vf-خیلی ریز، f-ریز، c-درشت، gr-دانه ای، abk-مکعبی زاویه دار، sbk-مکعبی بدون زاویه، sg-تک دانه ای/ آهک: e-جوشش کم، es-جوشش زیاد، ev-جوشش خیلی شدید. گچ و املاح محلول: H2-نمک (NaCl, Na-Mg sulfates)، G1-گچ کریستاله، G2-گچ بدون رویت کریستال، f-کم، c-متوسط، m-زیاد، 1-اندازه ریز، 2-متوسط، 3-درشت، 4-خیلی درشت، 5-بسیار درشت

جدول ۲- یافته‌های فیزیکوشیمیایی خاکرخ‌های شاهد.

افق	عمق (cm)	کلاس بافت	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	pHp	ECe (dSm-1)	CCE (%)	CaSO <sub>4</sub> . 2H <sub>2</sub> O (%)	CEC (Cmol <sup>+</sup> kg-1)
خاکرخ ۱										
A	۰-۱۰	C	۷/۵	۱۹/۵	۷۳	۷/۵۱	۸۱/۴	۱۰/۸	-	۱۹/۲
Bw1	۱۰-۱۸	C	۲/۵	۲۶/۵	۷۰	۷/۸۶	۵۷/۴	۲۴/۵	-	۱۷/۳
Bw2	۱۸-۲۸	SiCL	۵	۶۰	۳۵	۷/۸۳	۳۹/۵	۲۵/۳	-	۱۶/۷
Btkz	۲۸-۵۵	C	۲/۵	۳۲/۵	۶۵	۷/۷۵	۴۶/۵	۲۲/۸	-	۲۵/۲
Bz	۵۵-۱۰۰	C	۰	۳۵	۶۵	۷/۸۵	۴۱/۷	۱۸/۸	-	۲۳/۶
Cz	۱۰۰-۱۲۵	SiCL-CL	۲۰	۵۵	۲۵	۷/۸	۴۷/۶	۲۷/۳	-	-
2Btb	۱۲۵-۱۵۰	SiC	۵	۵۰	۴۵	۷/۹۵	۳۰	۲۱/۸	-	۲۴/۸
خاکرخ ۲										
Az	۰-۱۸	C	۱۵/۷	۲۷/۶	۵۶/۷	۷/۹۵	۵۵/۲	۹/۲	-	۱۳/۹
Btnkz	۱۸-۵۵	C	۸/۳	۱۸/۴	۷۳/۳	۸/۲	۳۷/۸	۱۵/۲	-	۱۶
BC	۵۵-۸۰	SCL	۴۹/۵	۲۰/۵	۳۰	۷/۹	۳۵	۱۷/۸	-	۱۲/۲
2Bzb	۵۵-۱۵۰	SiCL	۱۵	۵۲/۵	۳۲/۵	۸/۳	۵۰	۱۳/۵	-	-
خاکرخ ۳										
Az	۱۰-۰	CL	۲۶/۲	۴۲/۶	۳۱/۲	۷/۵۴	۶/۷۹	۱۱/۹	۴/۲	۱۸/۷۲
Bkyz1	۳۲-۱۰	CL	۲۲/۳	۴۰/۶	۳۷/۱	۷/۴	۱۳/۲	۱۱/۳	۱۰/۶	۱۷/۱۱
Bkyz2	۴۷-۳۲	C	۲۶/۵	۳۱/۳	۴۲/۲	۷/۳	۲۸/۴۳	۱۴/۱	۱۲/۱	۱۴/۹۳
Bkz	۸۲-۴۷	C	۲۷/۴	۲۸/۲	۴۴/۴	۷/۰۷	۴۵/۴۶	۱۵/۸	۷/۳	۱۹/۴۲
BC	۱۴۶-۸۲	C	۲۳/۹	۳۷/۸	۴۸/۳	۷/۰۸	۸۹/۳۷	۷/۲	۴/۲	۲۰/۳۳
خاکرخ ۴										
Az	۱۵-۰	C	۲۹/۴	۲۹/۵	۴۱/۱	۸/۵۳	۴۳/۲۱	۱۱/۵	۱	۱۶/۵۴
Btnz1	۶۴-۱۵	C	۲۲/۹	۳۳/۵	۴۳/۶	۸/۵۳	۳۱/۴۸	۱۰/۲	۱/۷	۱۹/۳۲
Btnz2	۱۰۷-۶۴	C	۲۷/۱	۲۹/۷	۴۳/۲	۸/۶۱	۲۷/۲	۹/۴	۱/۸	۱۳/۲۷
BC	۱۵۲-۱۰۷	C	۲۴/۲	۳۳/۶	۴۲/۲	۸/۳۴	۲۹/۳۶	۵/۴	۱/۱	۱۲/۰۴
خاکرخ ۵										
A	۱۶-۰	C	۲۸/۱	۳۰/۷	۴۱/۲	۷/۶۵	۲/۵۳	۱۵/۵	۵/۶	۲۵/۱۹
Byz1	۳۰-۱۶	C	۲۹/۹	۲۸/۹	۴۱/۲	۷/۹۴	۴/۶۱	۱۶/۴	۱۱/۲	۲۵/۱۳
Btyzn	۵۲-۳۰	C	۱۹/۴	۳۵/۹	۴۴/۷	۷/۹۳	۴/۹	۱۳/۵	۱۸/۳	۲۳/۷۶
Byz1	۷۶-۵۲	C	۳۲/۸	۲۹/۷	۳۷/۵	۷/۸۱	۹	۲۶/۲	۲۷/۴	۱۷/۶۴
Byz2	۱۴۲-۷۶	C	۳۰/۴	۳۲/۴	۳۷/۲	۷/۵۲	۱۲/۵۶	۱۵/۶	۲۴/۱	۱۳/۲۶
خاکرخ ۶										
Apz	۲۵-۰	SCL	۴۸/۸	۲۵/۲	۲۶	۷/۴۵	۴/۸۶	۱۷/۸	۴/۹	۱۷/۳۹
Bkz	۵۵-۲۵	CL	۲۶/۱	۳۵/۱	۳۸/۸	۷/۵	۴/۸۶	۱۹/۵	۷/۳	۱۹/۳۶

۱۶/۷۳	۱۶/۱	۱۱/۶	۱۶	۷/۵۱	۴۰	۲۰/۱	۳۹/۹	C	۷۹-۵۵	Bkyz1
۱۷/۸۳	۱۸/۴	۱۹/۵	۱۷/۸۲	۷/۲	۴۰/۸	۲۴/۷	۳۴/۵	C	۱۰۰-۷۹	Bkyz2
خاکرخ ۷										
۱۶/۵۴	۸/۶۰	۱۵/۸	۳/۷۶	۷/۹	۳۷/۶	۳۵/۹	۲۶/۵	CL	۲۴-۰	Ap
۱۵/۷۴	۱۷/۱	۱۵/۶	۱۱/۲۲	۸/۱۹	۳۸/۵	۳۲/۶	۲۸/۹	CL	۵۹-۲۴	Bkyz
۱۴/۱۲	۱۸/۹	۹/۸	۱۲/۵۹	۸/۵۳	۳۲/۵	۲۶/۶	۴۰/۹	CL	۸۶-۵۹	Byz1
۱۳/۲۶	۱۱/۲	۱۰/۳	۱۳/۱۶	۸/۵۱	۳۵/۶	۳۲/۳	۳۲/۱	CL	۱۴۰-۸۶	Byz2
خاکرخ ۸										
۱۵/۰۳	۱۷/۳	۴/۹	۳/۱۵	۷/۵۹	۴۶/۹	۱۷/۹	۳۵/۲	C	۲۳-۰	A
۱۲/۸۸	۳۲	۶/۴	۲/۷۳	۷/۵۷	۲۳/۵	۲۲/۶	۵۳/۹	SCL	۷۴-۲۳	By
۱۰/۶۸	۶۹/۲	۵/۱	۲/۴۳	۷/۷۸	۲۰/۳	۱۵/۹	۶۳/۸	SCL	۱۰۰-۷۴	Byy
۱۱/۳۲	۶۱/۲	۷/۸	۲/۴	۷/۶۵	۲۴/۶	۲۷/۶	۴۷/۸	L	۱۴۴-۱۰۰	Byym

\*ECe هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک، CCE کربنات کلسیم معادل،  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  درصد گچ، CEC ظرفیت تبادل کاتیونی خاک

### جدول ۳- رده بندی خاکرخ های مورد نظر بر اساس دو سامانه آمریکایی و جهانی.

خاکرخ	رده بندی خاکرخ های شاهد بر اساس رده بندی WRB (۲۰۱۴)	بر اساس کلید رده بندی آمریکائی (۲۰۱۴)
۱	Calcic Sodic Solonchaks (Chloridic, Hypersalic)	Very fine, Illitic, semiactive, mesic, Calcic Haplosalids
۲	Calcic Salic Solonetz (Aridic, Clayic)	Fine, Illitic, subactive, mesic, Calcic Haplosalids (proposed: Natrisalids)
۳	Calcic Solonchaks (Clayic, Hypersalic Sulphatic)	Fine, Illitic, active, mesic Calcic Haplosalids
۴	Salic Solonetz (Clayic)	Fine, Illitic, semiactive, mesic Typic Haplosalids
۵	Gypsic Solonetz (Clayic)	Fine, Illitic, active, mesic Xeric Natrigypsid
۶	Calcic Gypsisols (Clayic, Hypogypsic, Endosalic)	Fine, Illitic, active, mesic Xeric Calcigypsid
۷	Calcic Gypsisols (Hypogypsic)	Fine, Illitic, active, mesic Petronodic Xeric Calcigypsid
۸	Gypsisols (Hypergypsic)	Coarse-gypseous, Illitic, semiactive, mesic Xeric Haplogypsid

نیز در نام کلاس این خاک به نمایش گذارد. با اینکه ویژگی های تکمیلی اعم از کلاس اندازه ذرات، مینرالوژی، فعالیت تبادل کاتیونی و کلاس دمای خاک در سطح خانواده سامانه آمریکایی ذکر می شود ولی این ویژگی های و دسترسی به آنها نیاز به آزمایشات زیاد داشته و هزینه بر می باشد و بیشتر در راستای اهداف مدیریتی صورت می پذیرد (میور ۱۹۶۲ و بی نام ۲۰۱۴) در رده بندی خاکرخ دوم (کلسیک هاپلوسالیدز) برتری سامانه جهانی در خاک های خشک و نیمه خشک به وضوح دیده می شود، همانطور که می دانیم این سامانه در نام کلاس های خود از ویژگی های اقلیمی

همانطور که در جدول ۲ و ۳ مشاهده می شود، خاکرخ شاهد اول (کلسیک هاپلو سالیدن) شامل دو افق مشخصه سالیک و کلسیک در عمق کمتر از ۱۰۰ سانتی متر بوده و با توجه به میزان سدیم تبدلی بالا برخی از ویژگی های افق ناتریک در آن مشاهده نمی شود. لذا بر اساس سامانه رده بندی آمریکایی (ST) فقط می توان حضور این دو افق مشخصه سالیک و کلسیک را در سطح زیر گروه به نمایش گذاشت. این در حالی است که معادل آن در سامانه جهانی (نام کلاس با گروه مرجع و توصیف کننده ها) توانسته است علاوه بر این دو افق، حضور چشمگیر یونهای سدیم و کلراید را

<sup>1</sup>- Calcic Haplosalids



جیپسیک در زیررده خود را نشان داده و سدیمی بودن خاک در گروه بزرگ نمایان می‌شود. ولی در سامانه جهانی گروه مرجع سولونترز بر جیپسی سول‌ها برتری داشته و این خاک در گروه مرجع سولونتزا قرار گرفته و حضور افق جیپسیک در قسمت توصیف‌کننده خود را نشان می‌دهد.

در توصیف خاکرخ ششم (کلسی جیپسیدز) سامانه جهانی همچنان برتری خود را حفظ کرده و در نام کلاس خود بیشترین ویژگی‌های را به نمایش گذاشته است. این خاکرخ دارای سه افق سالیک، جیپسیک و کلسیک می‌باشد و در گروه مرجع جیپسی سول‌ها و یا زیررده جیپسیدز قرار می‌گیرد. از آنجایی که افق سالیک در عمق بیشتر از ۵۰ سانتی‌متر قرار گرفته، فقط سامانه جهانی توانسته است حضور آنرا با توصیف‌کننده اندوسالیک نشان دهد.

خاکرخ هشتم بغیر از افق جیپسیک، افق مشخصه دیگری نداشته بنابراین در سامانه آمریکایی با استفاده از رژیم رطوبتی زیرگروه زیرک هاپلوجیپسیدز قرار گرفته، ولی سامانه جهانی در نام‌گذاری خاک‌ها رژیم‌های رطوبتی و حرارتی را دخالت نداده و در گروه مرجع جیپسی سول‌ها و به دلیل مقادیر فراوان جیپسیک ( $>50\%$ ) تنها با یک توصیف‌کننده هاپر جیپسیک نام آن کامل می‌شود (WRB 2014).

نهایتاً در خاکرخ هفتم (زریک کلسی جیپسیدز) هر دو سامانه در ارائه مشخصات و رده‌بندی خاک به یک اندازه توانایی از خود نشان داده‌اند.

در بین مواد معدنی خاک، رس و نوع آن یکی از مهمترین ویژگی‌های خاک می‌باشد که با پی بردن به آن می‌توان برخی از ویژگی‌های دیگر خاک از جمله گنجایش تبادل کاتیونی، دسترسی عناصر غذایی و غیره را پیش‌بینی کرد (شولیتز ۱۹۸۹) که سامانه آمریکایی بهای زیادتری به این مورد داده و در قسمت خانواده کلاس کانی‌شناسی گنجانده است.

استفاده نکرده و تنها در تفسیر نتایج از آنها بهره می‌جوید و تنها رژیم رطوبتی اریدیک با توجه به ویژگی‌هایش به صورت توصیف‌کننده در این سامانه آورده شده است. از طرف دیگر سامانه جهانی توانسته است حضور توام هر سه افق مشخصه سالیک، کلسیک و ناتریک را در نام کلاس نمایش داده، اما سامانه آمریکایی در این نوع خاک شور حضور توام افق ناتریک را بیان ننموده و بر این اساس پیشنهاد می‌شود که ناتریک به صورت گروه بزرگ به زیر رده سالیدز تحت عنوان کلسیک ناتری سالیدز<sup>۱</sup> اضافه گردد.

خاکرخ سوم (کلسیک هاپلوسالیدز) همانند خاکرخ اول دارای افق‌های سالیک و کلسیک بوده و با استفاده از رده‌بندی آمریکایی هر دو خاکرخ در زیرگروه یکسان قرار می‌گیرند. توضیح اینکه در این خاکرخ علاوه بر تجمع املاح محلول و آهک، تجمعی از گچ و سولفات نیز موجود بوده و حضور همه این املاح را سامانه جهانی بهتر بیان کرده است. یعنی علاوه بر نمایش املاح محلول با استفاده از توصیف‌کننده هاپرسالیک<sup>۲</sup>، توانسته است حضور و فراوانی بیشتر یون سولفات نسبت به یونهای کلرید و بیکربنات را با استفاده از توصیف‌کننده سولفاتیک<sup>۳</sup> نیز نشان دهد.

حضور افق‌های سالیک و ناتریک در خاکرخ چهارم و برتری زیررده سالیدز نسبت به آرچیدز در سامانه آمریکایی باعث شده که این خاک در زیر گروه تیپیک هاپلوسالیدز قرار گیرد. اما در این مورد نیز سامانه جهانی برتری خود را در نمایش بیشتر ویژگی‌های خاک در نام کلاس خود نشان داده و علاوه بر حضور افق سالیک حضور مقادیر بالای یون سدیم و تجمع رس در خاک نیز با استفاده از توصیف‌کننده‌های سدیک و کلیک<sup>۴</sup> بیان شده است.

خاکرخ پنجم دارای افق‌های مشخصه ناتریک و جیپسیک بوده و از آنجایی که در سامانه آمریکایی زیررده جیپسیدز به آرچیدز الویت دارد، این خاک در زیرگروه زیرک ناتری جیپسیدز قرار می‌گیرد. یعنی افق

<sup>۴</sup> - Clayic

<sup>۵</sup> - Endosalic

<sup>۱</sup> - Calcic Natrisalids

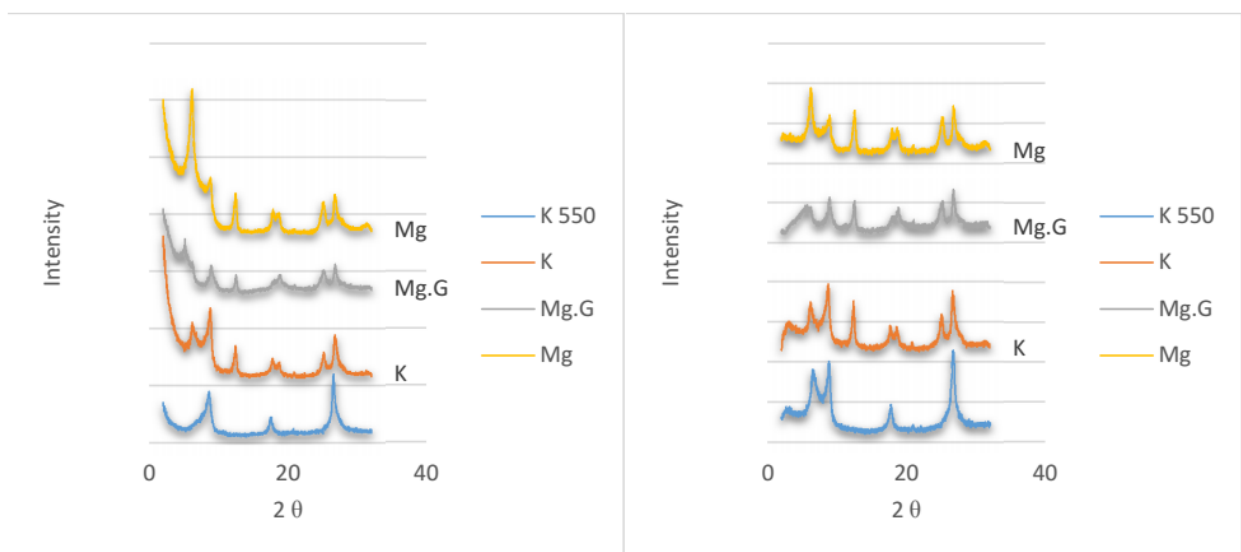
<sup>۲</sup> - Hypersalic

<sup>۳</sup> - Sulphatic

ضرایب مخصوص، مقدار یا درصد نسبی هر نوع رس محاسبه گردید (جدول ۴).

با استفاده از شدت پیک هر کانی و نتایج نیمه کمی مربوط به کانی‌های رس نتیجه گرفته می‌شود که کانی غالب خاک‌های گچی و شور مناطق خشک و نیمه خشک کانی ایلایت بوده و با توجه به درصد نسبی این کانی می‌توان نام آنرا به عنوان کلاس کانی در قسمت خانواده سامانه آمریکایی گزارش نمود.

دیفراکتوگرام نمونه‌های رس برخی از افق‌های تجمعی در شکل (۲ و ۳) نشان داده شده که با بررسی و توجه به نقاط اوج پیک‌ها و شدت هر پیک در طول موج‌های ۱۸، ۱۴، ۱۰، ۷، ۳/۵۴، ۳/۵۷، ۳/۳ در تیمارهای مختلف به حضور کانی‌های اسمکتایت، ورمیکولایت، کلرایت، کائولینایت، ایلایت و کوآرتز مشخص گردید. همچنین با استفاده از نرم افزار اورینجن‌پرو (بی نام ۲۰۱۷) اقدام به کمی‌سازی مقدار هر پیک و با اعمال

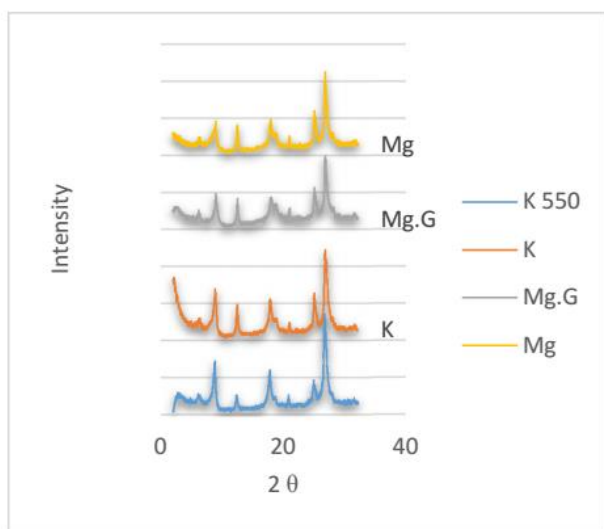


خاکرخ ۱

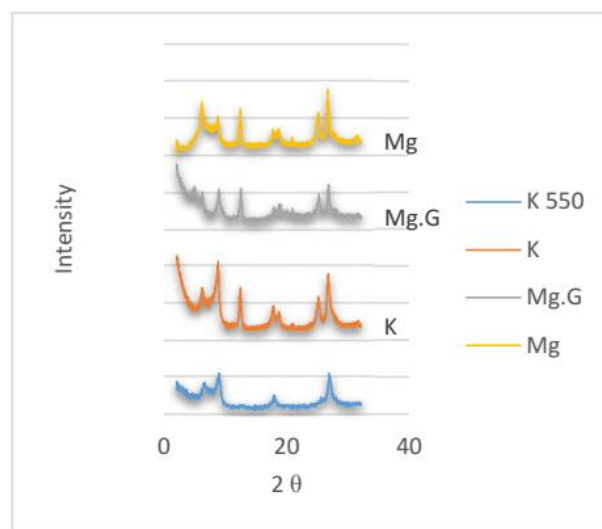
خاکرخ ۲

شکل ۲- پراش نگاشت‌های پرتو ایکس مربوط به افق‌های تجمعی خاکرخ‌های ۱ و ۲ منطقه دشت تبریز.

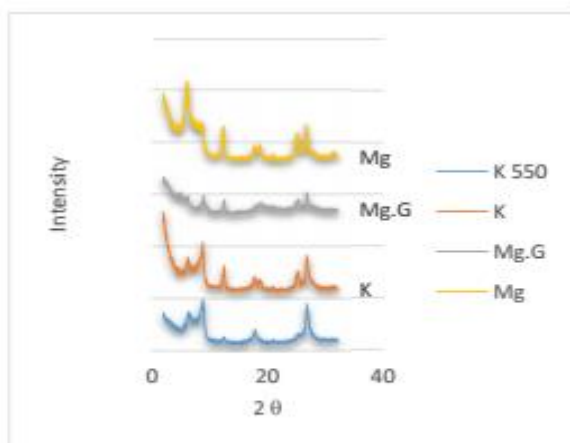
Mg نمونه اشباع با منیزیم، Mg.G نمونه اشباع با منیزیم و گلیسرول، K نمونه اشباع با پتاسیم، K 550 نمونه اشباع با پتاسیم و حرارت ۵۰۰ درجه سلسیوس



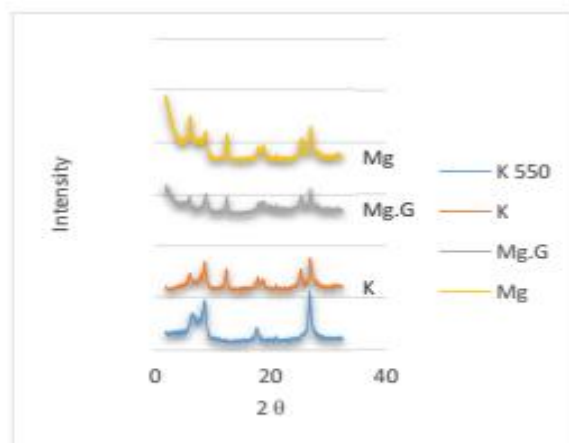
خاکرخ ۴



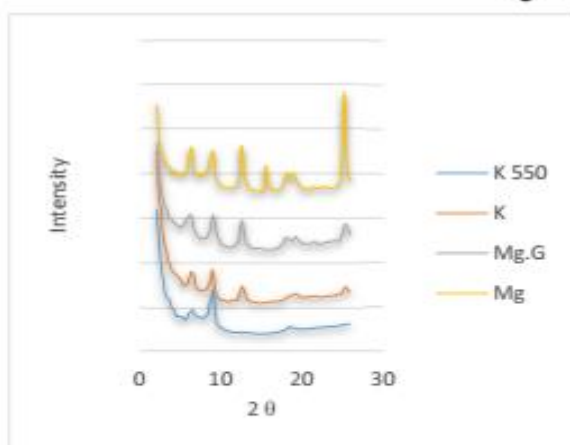
خاکرخ ۳



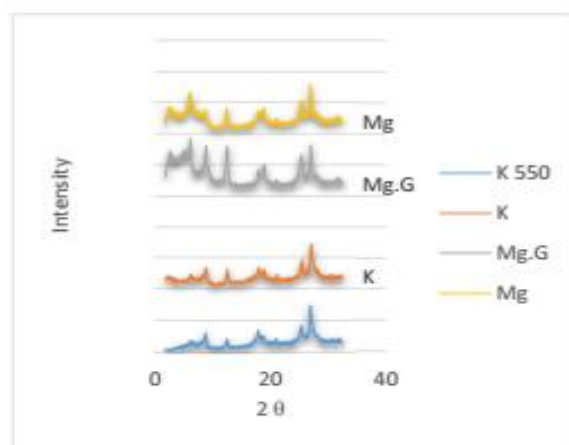
خاکرخ ۶



خاکرخ ۵



خاکرخ ۸



خاکرخ ۷

شکل ۳- پراش نگاشت‌های پرتو ایکس مربوط به افق‌های تجمعی خاکرخ‌های ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸ منطقه خواجه.

جدول ۴- درصد نسبی کانی‌های رس افق‌های تجمعی خاک‌های مورد بررسی.

شماره خاکرخ	درصد نسبی (%)	
	ایلیت	کائولینایت + کلرایت
۱	۱۸/۴	۶۹/۸۵
۲	۹/۲۷	۶۷/۱۱
۳	۹/۶	۶۸/۳
۴	-	۷۹/۲
۵	۲/۶۴	۷۵
۶	۵/۳	۷۵/۵
۷	۶/۸۳	۷۰/۶۲
۸	-	۶۸/۰۴

## نتیجه‌گیری کلی

گزارش نموده‌اند. در صورت تصحیحات لازم در نام زیر گروه یا گروه بزرگ سامانه آمریکایی و همچنین گنجاندن پیشنهادهایی مناسب کانی‌شناسی برای گروه‌های مرجع (توصیف کننده‌ها) در سامانه جهانی می‌توان این سامانه‌ها را کامل‌تر کرده و همبستگی بین این دو سامانه را افزایش داد.

در نهایت پیشنهاد می‌شود سایر محققین نیز در مناطق مختلف و انواع خاک‌ها، از هر دو سامانه برای رده‌بندی خاک‌ها استفاده و نقاط ضعف و قوت این دو سامانه را بیشتر معلوم نموده تا در راستای پیشنهادات برای اصلاح آنها، هم خوانی بیشتری به وجود آید.

سامانه رده‌بندی مرجع جهانی بصورت ساده‌تر با استفاده از دو سطح مختلف؛ گروه مرجع و استفاده از توصیف‌کننده‌های متنوع برای رده‌بندی خاک آسان‌تر، دقیق‌تر و کم‌هزینه‌تر از سامانه آمریکایی بنظر می‌رسد. در سامانه آمریکایی با وجود ویژگی‌های جزئی‌تر در قسمت خانواده و استفاده از رژیم‌های رطوبتی و حرارتی در رده‌بندی خاک، باز کاستی‌هایی در نمایش ویژگی‌های اصلی خاک و برخی از افق‌های مشخصه که همزمان در یک خاکرخ اتفاق می‌افتند، مشاهده می‌شود که بهمینی و همکاران در سال ۱۳۹۰ نتایج مشابهی را نیز

## منابع مورد استفاده

- Anonymous, 2014. World Reference Base for Soil Resources 2014, International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106.
- Anonymous, 2014. Keys to Soil Taxonomy (12th ed.). United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Soil Survey Staff, Washington, DC.
- Anonymous, 2017. OriginPro, SR2 b9.2.272, OriginLab Corporation, 2017.
- Anonymous, 2017. United States Geological Survey, Semi-quantitative Analysis of Clay Minerals (<https://www.usgs.gov/>, <http://pubs.usgs.gov/of/2001/of01-041/html/docs/methods/squant.htm>)
- Banaie, M.H. 1998. Moisture and temperature regimes map of Iran. Soil and Water Research Institute.
- Biscaye PE, 1963. Mineralogy and sedimentation of recent deep-sea clay in the atlantic ocean and adjacent seas and oceans. Geological Society of America Bulletin 7: 803-832.
- Borchardt G, 1989. Smectites. Pp. 675-727. In: Dixon JB and Weed SB, (ed.), Minerals in Soil Environments, 2<sup>nd</sup> Eds.; Series 1; Soil Science Society of America Madison, WI.
- Buol SW, 1965. Present soil-forming factors and processes in arid and semi-arid regions. Soil Science 99: 45-49.
- Buol SW, Hole FD and Mc cracken RJ, 2003. Soil Genesis and Classification. Iowa State Univ. Press, Ames.
- Esfandiarpour Boroujeni, I., Farpour, M.H., Kamali, A., 2011. Comparison between soil taxonomy and WRB for classifying saline soils of Kerman province. Journal of Water and Soils (Agricultural Sciences and Technology) 25 (5), 1158-1171 (in Persian, Abstract in English).
- Eswaran H, Rice T, Ahrens R and Stewart BA, 2002. Soil Classification: A Global Desk Reference. CRC Press, Boca Raton, FL.

- Foroughifar H. 2011. Evaluation of soil quality factors and their relationship with soil evolution by geostatistical in Dasht-e-Tabriz. Ph.D. Dissertation. Tabriz University, Iran (in Farsi).
- Gerasimova MI, 2010. Chinese soil taxonomy: Between the American and the international classification systems. *Eurasian Soil Science* 43: 945–949.
- Hendrick DM, 1934. *Arizona Soils*. College of Agriculture, University of Arizona (Tucson, Az).
- Khormali F and A Abtahi, 2003. Origin and distribution of clay minerals in calcareous soils of arid and semiarid regions of southern Iran. *Clay Minerals* 53: 273-301.
- Kittrick JA and Hope EW, 1971. A procedure for particle size separations of soil for x-ray diffraction. *Soil Science Society of America Proc* 35: 621-626.
- Kunze GW and Dixon JB, 1996. Pretreatment for mineralogical analysis. Pp. 91-100. In: Klute A, (ed.), *Methods of Soil Analysis, part 1. Physical and Mineralogical Methods* Soil Science Society of America Madison, Wisconsin, USA.
- Lee BD, Sears SK, Graham RC Amrhein C and Vali H, 2003. Secondary mineral genesis from chlorite and serpentine in an ultramafic soil toposequence. *Soil Science Society of America Journal* 67: 1309- 1317.
- Lindsay WL, 1992. *Chemical Equilibria in Soils*. John Wiley and Sons, New York, 44p.
- Mehra OP, Jackson ML, 1960. Iron oxide removal from soils and clay by a dithionate citrate system with sodium bicarbonate. *Clays and Clays Minerals* 7: 317-327.
- Muir JW, 1962. The General Principles of Classification With Reference to Soils, *Journal of Soil Science* 13(1): 22- 30.
- Roca PN and Pazos MS, 2002. The WRB applied to Argentinian soils: two case studies. European Soil Bureau, Research Report No. 7. Latvia University of Agriculture, Jelgava, Latvia.
- Rossiter DG, 2001. *Principles of Soil Classification*. Lecture notes. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC), Enschede, the Netherlands.
- Salehi MH, Khademi H ans Karimiyan eghbal M, 2003. Identification and Formation of Clay Minerals in Farrokhsahr Area soils of Chaharmahal-va-Bakhtiari provinces. *Journal of Water and Soils (Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)* 7 (1), 73–89 (in Persian, Abstract in English).
- Schad P and Micheli E, 2010. The next steps in soil classification or how to kill 3 birds with 1 stone: pedons, landscapes, functions. Pp. 40-42. 19<sup>th</sup> World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. Brisbane, Australia 1 – 6 August.
- Schulitze DG, 1989. An introduction to soil mineralogy. PP. 1- 43. In: Dixon JB and Weed SB, (Ed.), *Minerals in Soil Environment, Part 2*. Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin.
- Servati M. 2014. Comparasion Parametric, MicroLEIS, Fuzzy Set Theory and Analytical Hierarchy Process for land suitability evaluation of some crops in Khajeh region. Ph.D. Dissertation. Tabriz University, Iran (in Farsi).
- Wilson MJ, 1999. The origin and formation of clay minerals in soil: past, present and future perspectives. *Clay Minerals* 34: 7-24.