



تأثیر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و کانی شناسی خاک بر مورفولوژی آبکندها در اراضی مارنی جنوب استان گیلان

• لیلا اسماعیل نژاد (نویسنده مسئول)

دانشجوی دکتری تخصصی علوم خاک دانشگاه تهران

• جواد سیدمحمدی مرشت

دانشجوی دوره دکتری تخصصی علوم خاک تبریز

• رمضان بخشی پور

کارشناس ارشد علوم خاک و عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گیلان

تاریخ دریافت: مرداد ماه ۱۳۸۹ تاریخ پذیرش: آذر ماه ۱۳۹۰

تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۳۶۶۴۱۶۷۶۸

Email: leila.esmaeilnezhad@yahoo.com

چکیده

در این تحقیق ویژگی‌های مورفولوژیک، خصوصیات خاک و زمین‌شناسی و ویژگی‌های اقلیمی آبکندهای موجود در اراضی مارنی جنوب استان گیلان مورد مطالعه قرار گرفت. این اراضی بستر تشکیل آبکندهای متعدد و منشأ تولید بخش اعظم رسوبات در حوزه آبخیز سفیدرود بوده و عامل اصلی در ارتباط با رسوب زایی و تجمع رسوبات در مخزن سد سفیدرود است، لذا مطالعه و بررسی ویژگی‌های مؤثر آن‌ها، امری لازم و ضروری است. بر مبنای بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی و مطالعات صحرایی، سه نوع آبکند معرف غالب در منطقه با پلان عمومی سرشاخه‌ای، شاخه‌ای و آبراهه‌ای ساده و از هر پلان دو تکرار نیز انتخاب شد. سپس از رأس آبکندها و ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد از عمق دیواره آبکندها نمونه برداری بعمل آمد و در مجموع ۳۶ نمونه تهیه و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شد. همچنین آزمایشات کانی‌شناسی بر روی نمونه‌ها انجام گرفت. نتایج نشان داد که شکل‌گیری و ایجاد انواع آبکندها تابعی از میزان رس خاک، نوع رس‌ها و میزان سدیم محلول و تبادلی بوده، به طوری که با افزایش میزان رس ریز، وجود رس‌های ۲:۱ اسمکتیتی و یون سدیم، رخداد فرسایش تونلی و ایجاد آبکندها افزایش می‌یابد. با افزایش مقادیر رس، سدیم و وجود رس‌های اسمکتیتی، افزایش شاخه‌ها در آبکندها نیز تسریع شده و باعث می‌شوند آبکندها از حالت آبراهه‌ای ساده به سرشاخه‌ای و شاخه‌ای تغییر یابند. همچنین افزایش درصد رس و یون سدیم از سطح به عمق، سبب به دام افتادن آب نفوذ یافته در لایه تحتانی شده و نهایتاً فرایند تونلی شدن و ایجاد شاخه‌های بیشتر در آبکندها افزایش می‌یابد.

کلمات کلیدی: فرسایش آبکندی، تشکیلات مارنی، مورفولوژی آبکند، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، کانی‌شناسی خاک

Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi) No 97 pp:7-16

Effect of soil physical, chemical and mineralogical properties on gully morphology in southern marl lands of Guilan province

By: Esmaeelnezhad, L. M.Sc. PhD Student of Soil Science, Faculty of Agriculture, Tehran University, (Corresponding Author; Tel: +989366416768) Seyedmohammadi Meresht. J. – Ph.D Student of Soil Science. Bakhshipour R. Scientific Board Member of Guilan Research Center of Agricultural & Natural Resources.

In this research, morphological characteristics, soil properties, geological and climatical parameters of southern Guilan province gullies were studied. Since, marl lands in south of Guilan province, is favorable bed for gully formation and the source of large amount of sediments in Sefidroud watershed and chief factor for sediment accumulation behind Sefidroud dam, so, study of their properties is indispensable. In this investigation, after geological map observation and land studies, three dominant representative gullies with linear, dendretic and head-dendretic view plan and two repeat of each kind of them was selected and sampled. 36 Samples were carried to laboratory for physical, chemical and mineralogical analysis. The results of these experiments demonstrated that formation of all kinds of gullies is the function of clay content, kind of clay minerals and amount of soluble and exchangeable sodium. So that, with increasing in amount of fine clay and 2:1 smectite clay minerals and Na ions, piping erosion and formation of gullies enhances, as well. This fact, result to branches increasing. This causes that gullies change from linear plan to dendretic one. Also, increasing of clay content and sodium ions from surface to depth, leads to increase in water infiltration to subsurface clayey layer and piping erosion occurs. These processes aggravate gully formation and increase the gully branches.

Keywords: Gully erosion, Marly formations, Gully morphology, Soil physical and chemical characteristics, Soil mineralogy.

مقدمه

شکل شناسی آبکند حاصل عملکرد فرایندهای ایجاد آن است لذا اولین مرحله در ارزیابی فرایندهای ایجاد آبکند درک شکل شناسی آبکند است (Rahi, ۱۹۹۸). بسیاری از محققان معتقدند که تفاوت مشاهده شده در اشکال آبکند ناشی از تفاوت در فرایندهای ایجاد آنها است (Ireland و همکاران ۱۹۳۹). ایشان پلان پیشانی (سر) آبکندها را به چهار دسته نقطه ای^۱، مدور^۲، نوک دار^۳ و پنجه ای^۴ تقسیم کردند. آنها همچنین نیمرخ طولی پیشانی آبکندها را به چهار دسته شیب دار^۵، عمودی^۶، غار مانند^۷ و غار با ریشه های فراوان تقسیم نمودند. همچنین بر اساس مقطع عرضی، آبکندها به دو نوع V شکل و U شکل طبقه بندی می شوند. آبکندهای V شکل به وسیله روان آب های سطحی و نوع U شکل آن بیشتر در اثر روان آب های زیرسطحی و تا حدی هم سطحی ایجاد می شوند (Nachtergaele و همکاران ۲۰۰۲؛ Betts و Trustrum، ۲۰۰۳؛ Poesen و همکاران ۲۰۰۳). پلان عمومی آبکندها به سه دسته شاخه ای^۸، سرشاخه ای^۹ و ساده^{۱۰} تقسیم بندی می شوند (Poesen و همکاران ۲۰۰۳؛ Sufi، ۲۰۰۴). ایجاد آبکندهای شاخه ای در اقلیم خشک نسبت به اقلیم مدیترانه ای رایج تر است، طول و تراکم بیشتری نیز دارند. فقدان پوشش گیاهی و ویژگی های شیمیایی خاک به تشکیل این نوع آبکندها در مناطق خشک کمک شایانی می کند (Soufi و Davoodi، ۲۰۰۲). یکی از عوامل مؤثر در رخداد فرسایش آبکندی و تشکیل انواع آبکندها، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک است (Baade، ۲۰۰۰). افزایش مقدار هدایت الکتریکی خاک نشانگر

افزایش مواد قابل انحلال موجود در آن بوده که عامل اساسی در شکل گیری و ایجاد آبکندهای شاخه ای محسوب می شود (Ezochi، ۲۰۰۰). رابطه بین درصد شن با تراکم آبکندها معکوس بوده به عبارتی با افزایش شن تراکم آبکندها و در نتیجه احتمال خطر فرسایش آبکندی کاهش می یابد. همچنین در خاک های ریزدانه و سنگین بافت به دلیل زیاد بودن درصد سیلت و رس، درصد اشباع و ظرفیت نگهداشت آب در خاک تراکم آبکندها زیاد بوده و احتمال شکل گیری فرسایش آبکندی به ویژه آبکندهای شاخه ای افزایش می یابد (Ezochi، ۲۰۰۰؛ Faulkner و همکاران ۲۰۰۴؛ Istanbuluoglu و همکاران ۲۰۰۵؛ Mieth و Bork، ۲۰۰۵). افزایش درصد رس از سطح به عمق در افق های B و C باعث اشباع خاک سطحی و جریان یافتن روان آب های زیرسطحی می شود در چنین شرایطی به طور معمول در اثر رخداد فرسایش تونلی^{۱۱} آبکندهای شاخه ای و سرشاخه ای ایجاد می شوند (Ezochi، ۲۰۰۰؛ Gomez و همکاران ۲۰۰۳؛ Faulkner و همکاران ۲۰۰۴). ماهیت سیلنتی خاک و حساسیت زیاد سیلت به فرسایش، ساختمان ضعیف خاکدانه ها، کمبود مواد آلی، وجود املاح گچ و آهک و عناصر قابل انحلال از عوامل خاکشناسی تأثیرگذار در بروز پدیده فرسایش آبکندی می باشد (Tabatabaee، ۲۰۰۰).

ایجاد آبکندهای عمیق شاخه ای در صورت وجود سطوح بالای سدیم محلول، مقادیر نسبت جذب سدیم بالاتر از ۴۰ و میزان متوسط نمک امکان پذیر می باشد (Benito و همکاران ۱۹۹۱). خواص شیمیایی و کانی شناسی سازند از مهمترین عوامل تشکیل آبکندهای شاخه ای

۳۶°۵۰'۰۰" تا ۳۶°۵۴'۱۰" و در طول شرقی "۳۰'۰۲" تا "۰۸'۱۶" ۴۹° واقع گردیده است (شکل ۱). این منطقه بر اساس روش دومارتن دارای اقلیم خشک است (Alizadeh, ۲۰۰۱). متوسط درجه حرارت در این منطقه در حدود ۱۷/۴ درجه سانتی گراد می باشد. دارای ۲۸ روز دوره یخبندان در طول سال است. بیشترین درصد بارش ۳۷/۵ درصد در فصل زمستان و به صورت برف می باشد و بعد از آن بر اثر جریانات هوا به خصوص غربی و مدیترانه ای بارش باران در فصل بهار به مقدار ۳۱/۴ درصد دیده می شود. کمترین بارندگی در فصل تابستان می باشد که حدود ۲/۴ درصد را به خود اختصاص می دهد. مقدار تبخیر و تعرق سالیانه حدود ۲۴۵۱/۸ میلی متر می باشد که بیشترین مقدار آن در فصل تیر ماه با مقدار ۴۰۴/۶ میلی متر مشاهده می شود. به طور کلی مقدار تبخیر و تعرق در این منطقه بالا می باشد (Guilan Natural Resource Report, ۱۹۹۸).

برای انجام تحقیق، ابتدا با استفاده از نقشه های توپوگرافی و زمین شناسی (با مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰ و ۱/۲۵۰۰۰۰)، آب و هوا و پوشش گیاهی منطقه، پهنه های ماری مورد مطالعه قرار گرفت. با انجام بازدیدهای صحرایی، کنترل و تطبیق اطلاعات

جمع آوری شده، محدوده مورد مطالعه و محل های نمونه برداری (از منجیل تا گیلوان) تعیین شد. سپس در لندفرم های غالب ماری با جهت، شیب و شکل یکسان سه نوع آبکند معرف غالب با پلان عمومی سرشاخه ای، شاخه ای و آبراهه ای ساده انتخاب گردید. این آبکندهای معرف، دارای خصوصیات تقریباً مشابه از نظر طول، عرض، عمق، پلان عمومی و رأس آبکند با بیشتر آبکندهای منطقه بودند. همچنین به منظور افزایش تعداد

هستند به طوری که سدیم تبادلی، قابلیت هدایت الکتریکی، ویژگی کانی های رس مانند تورم، پراکندگی و فولکوله شدن به میزان زیادی بر گسترش آبکندها مؤثرند مخصوصاً کانی رسی اسمکتایت که به طور طبیعی ظرفیت تورمی زیادی در محیط غنی از سدیم دارد عامل مهمی در ایجاد شاخه های بیشتر در آبکندها می باشد (Imeson و Bouma, ۲۰۰۰; Bahmanyar, ۲۰۰۲). اگر چه بیشتر مطالعات حاکی از اثر جریانات سطحی بر ایجاد آبکند می باشد ولی به تازگی توجه بیشتری به سمت مطالعه تأثیر جریان های زیرسطحی و تولید تونل ها و در نتیجه شکل گیری آبکندها جلب شده است (Gallichand و Ming, ۲۰۰۳; Valentine, ۲۰۰۵). خاک های واگرا (پخش شونده) با لایه های زیرین سدیمی برای تشکیل تونل ها مساعد هستند (Faulkner, ۲۰۰۴). چنین پدیده ای در خاک های غیر سدیک نیز می تواند اتفاق بیفتد در صورتی که لایه های زیرین غنی از رس های اسمکتایتی باشد (Bork, ۲۰۰۴; Nyssen و همکاران ۲۰۰۴). از آنجا که ویژگی های فیزیکی و شیمیایی و کانی شناسی تأثیر بسزایی در ایجاد و تنوع شکل آبکندها دارد (Poesen و همکاران ۲۰۰۳) لذا این تحقیق به منظور بررسی ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و کانی شناسی خاک های ماری در جنوب استان گیلان و رابطه آنها با ایجاد و مورفولوژی آبکندها انجام شده است.

مواد و روش ها

محدوده مورد مطالعه در منطقه گیلوان بین عرض شمالی "



شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعاتی نسبت به استان گیلان و ایران

به منظور بررسی نقش متغیرهای مختلف خاک سطحی و عمقی در ایجاد و گسترش آبکندها نمونه برداری خاک از رأس آبکندها و ۵۰، ۲۵ و ۷۵ درصد از عمق دیواره آبکندها نمونه برداری به عمل آمد (Rangavar et al., ۲۰۰۰; Soufi; ۲۰۰۴; Soufi and Davoodi, ۲۰۰۲). و در مجموع ۳۶ نمونه جهت تجزیه خاک به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه های خاک جمع آوری شده در سایه خشک و پس از کوبیدن از

داده ها و اطلاعات در خصوص آبکندهای منطقه، دو آبکند برای هر نوع خندق انتخاب گردید. بنابراین از هر نوع آبکند با پلان عمومی ذکر شده سه آبکند (یک معرف و دو تکرار) جهت بررسی و اندازه گیری های مربوطه و تکمیل شناسنامه انتخاب گردید. برای هر آبکند طول کانال اصلی و شاخه های فرعی همراه با پلان پروفیل عمودی و پروفیل طولی با استفاده از نرم افزار اتوکد ترسیم گردید. طول آبکند معرف با متر اندازه گیری شد. سپس

جدول ۱- میانگین متغیرهای فیزیکی و شیمیایی خاک سطحی آبکندهای مختلف همراه با مقایسه آماری آنها

متغیر ^o	انواع آبکند	شاخه ای	سر شاخه ای	ساده
رس (کوچکتر از ۲ میکرون)	(۰/۶)۴۱ ^{***a}	(۰/۵۶)۳۷/۲ b	(۰/۵۶)۳۷/۲ b	(۰/۵۶)۳۷/۵ b
رس ریز (کوچکتر از ۰/۲ میکرون)	(۰/۱)۱۳/۹ a	(۰/۱۰۹)۱۳/۲ a	(۰/۱۰۹)۱۳/۲ a	(۰/۲۶)۱۳/۵ a
شن (۵۰ تا ۲۰۰ میکرون)	(۰/۴۲)۴۴/۷ a	(۰/۶۷)۴۴/۱ a	(۰/۶۷)۴۴/۱ a	(۱/۲)۴۳/۸ a
شن ریز (۵۰ تا ۱۰۰ میکرون)	(۰/۷)۲۵/۲ a	(۰/۷۲)۲۳/۵ a	(۰/۷۲)۲۳/۵ a	(۰/۶۵)۲۴/۹ a
سیلت (۲ تا ۵۰ میکرون)	(۰/۶۵)۳۶/۳ a	(۰/۵۸)۳۵/۲ a	(۰/۵۸)۳۵/۲ a	(۰/۶۲)۳۵/۹ a
گچ	(۰/۳۶)۱۷/۲ a	(۰/۳)۱۷ a	(۰/۳)۱۷ a	(۰/۳۹)۱۷/۴ a
آهک	(۰/۲۵)۷/۰۸ a	(۰/۲۹)۷ a	(۰/۲۹)۷ a	(۰/۳۲)۶/۹ a
هدایت الکتریکی	(۰/۳)۱۷/۷ a	(۰/۴۵)۱۶ b	(۰/۴۵)۱۶ b	(۰/۲۲)۱۵/۹ b
pH	(۰/۲۵)۸/۰۴ a	(۰/۲)۸ a	(۰/۲)۸ a	(۰/۱)۸ a
کلر	(۰/۱)۱۰ a	(۰/۲۸)۱۰/۲ a	(۰/۲۸)۱۰/۲ a	(۰/۱۷)۱۰/۵ a
سولفات	(۱/۷)۵/۵ a	(۱/۵)۵/۱۵ a	(۱/۵)۵/۱۵ a	(۰/۹۹)۵ a
بیکربنات	(۲/۵۸)۴/۴ a	(۲/۵)۴/۲ a	(۲/۵)۴/۲ a	(۱/۹)۴ a
پتاسیم محلول	(۰/۱۴)۰/۴۶ a	(۰/۱)۰/۴ a	(۰/۱)۰/۴ a	(۰/۲۴)۰/۴۹ a
سدیم محلول	(۳/۲)۱۴۸/۲۶ a	(۴/۳)۱۲۲/۱ ab	(۴/۳)۱۲۲/۱ ab	(۲/۹)۱۱۰/۹ b
منیزیم محلول	(۱/۸۴)۴/۹ a	(۱/۹۲)۴/۷ a	(۱/۹۲)۴/۷ a	(۲/۱)۴/۱ a
کلسیم محلول	(۰/۹۴)۷/۶ a	(۱/۱۴)۷/۳ a	(۱/۱۴)۷/۳ a	(۱/۴۴)۷/۵ a
پتاسیم تبادلی	(۰/۴۸)۱/۳ a	(۰/۳۶)۱/۱ a	(۰/۳۶)۱/۱ a	(۰/۶۷)۱/۳ a
سدیم تبادلی	(۲/۶۱)۲۵/۱ a	(۱/۶۵)۲۰/۹ b	(۱/۶۵)۲۰/۹ b	(۲/۱۷)۱۹/۷ b
منیزیم تبادلی	(۱/۹۳)۵/۹ a	(۱/۷۴)۶/۲ a	(۱/۷۴)۶/۲ a	(۱/۳) ۶ a
کلسیم تبادلی	(۱/۵۳)۶/۵ a	(۱/۶۷)۶/۳ a	(۱/۶۷)۶/۳ a	(۰/۶۹)۶/۳ a
ظرفیت تبادل کاتیونی	(۲/۹)۴۴/۹ a	(۲/۸)۴۴/۵ a	(۲/۸)۴۴/۵ a	(۲/۸)۴۳/۸ a
کربن آلی	(۰/۳۴)۰/۲۲ a	(۰/۳)۰/۱۹ a	(۰/۳)۰/۱۹ a	(۰/۴۱)۰/۱۹ a

*مقادیر آهک، گچ، کربن آلی بر حسب درصد، هدایت الکتریکی اشباع بر حسب دسی زمینس بر متر، آنیون ها و کاتیون های محلول بر حسب میلی اکی والان بر لیتر، کاتیون های تبادلی و ظرفیت تبادل کاتیونی بر حسب میلی اکی والان بر ۱۰۰ گرم خاک.
**حروف a و b، مربوط به مقایسه میانگین به روش دانکن و سطح احتمال آماری ۰/۰۵ است. همچنین اعداد داخل پرانتز نشان دهنده انحراف معیار داده هاست.

مقدار سیلت هم تفاوت معنی داری را بین پلان های مختلف نشان نمی دهد. به عبارتی مقدار سیلت نمی تواند متغیر مؤثر بر مورفولوژی آبکندها باشد. ولی نمی توان تأثیر آن را بر فرسایش نادیده گرفت. زیرا مقدار میانگین سیلت در تمام نمونه خاک ها تقریباً بالاست. مقاومت ذرات سیلت در برابر فرسایش هم از نظر اندازه و هم از نظر چسبندگی نسبتاً کم است. خاک های سیلته معمولاً خوب دانه بندی می شوند ولی در اثر مرطوب شدن، خاکدانه ها بسهولت شکسته و ذرات سیلت جدا و منتقل می شوند (Rafahi, 2000). درصد شن هم بین پلان های مختلف تفاوت معنی دار ندارد ولی نکته مهمی که در مورد جزء شن باید مد نظر قرار داد، میزان شن ریز (قطر ۰/۵ تا ۰/۱ میلی متر) است که به طور میانگین بیش از ۵۰ درصد بخش شن را در کل نمونه های مورد بررسی به خود اختصاص داده است. ذرات شن ریز، رفتاری مشابه ذرات سیلت داشته و این ذرات را باید به صورت مشترک با ذرات سیلت ارزیابی کرد (Smith و Wischmeier, 1978).

شوری خاک در خاک های مورد مطالعه زیاد است که باعث ایجاد ساختمان دانه ای ریز در آن ها می شود، ولی به محض رسیدن رطوبت به آن ها ساختمان خاک متلاشی می شود. به عبارت دیگر، این خاک ها دارای ساختمان دروغین^{۱۳} هستند (FAO, 1972). افزایش نمک در پروفیل خاک ضمن تأثیر بر غلظت محلول خاک ممکن است سبب تغییر ترکیب کمپلکس تبادل نیز بشود. چنین تغییری به طور مشخص در جهت افزایش درصد یون سدیم قابل تبادل است، زیرا نمک های سدیمی انحلال پذیرترین نوع نمک های طبیعت هستند که انحلال آن ها و آزاد شدن سدیم باعث دیسپرسه شدن خاک می شود. از طرفی مقادیر زیاد سدیم باعث کاهش هدایت آبی خاک از طریق پدیده های تورم و دیسپرسه شدن کانی های رسی می شود. پایداری خاکدانه ها با افزایش نسبت جذبی سدیم تنزل یافته در نتیجه فرسایش خاک تشدید می شود (Ezochi, 2000; Bahmanyar, 2002). وجود همزمان رس های انبساط پذیر و املاح سدیمی زیاد در مناطق دارای آبکندهای شاخه ای بیان کننده تأثیر زیاد یون های تبدالی و محلول در پراکندگی ذرات رس بوده که شکل آبکندها را از حالت ساده به شاخه ای تغییر داده است به عبارتی باعث تشدید فرسایش شده است (Benito, 1991; Bouma و Imeson, 2000; Bahmanyar, 2002).

جدول ۲، میانگین متغیرهای فیزیکی و شیمیایی خاک تحتانی آبکندهای مختلف همراه با مقایسه آماری آنها را نشان می دهد. با توجه به مطالب ارائه شده متغیرهای سدیم تبدالی و محلول، ظرفیت تبادل کاتیونی، کلر، سولفات، بیکربنات، پتاسیم محلول، هدایت الکتریکی، مقدار رس، رس ریز، و گچ از سطح به عمق افزایش یافته و مقادیر شن، شن ریز، سیلت، کلسیم تبدالی و محلول، منیزیم محلول، پتاسیم تبدالی، آهن و کربن آلی کاهش نشان می دهند. سایر متغیرها مثل منیزیم تبدالی و pH، از سطح به عمق تغییری نداشته اند. مقدار رس، سدیم تبدالی و محلول در نمونه های خاک تحتانی پلان شاخه ای با سرشاخه ای و آبراهه ای ساده نیز همانند خاک سطحی تفاوت معنی دار داشتند. به عبارتی این متغیرها در تعیین شکل پلان آبکندها مؤثر می باشند (جدول ۲).
افزایش درصد رس، به سنگین تر شدن بافت خاک زیرسطحی منجر می شود و یون سدیم هم باعث پراکنش هر چه بیشتر خاک شده، روان

الک ۲ میلی متری عبور داده شد و برای آزمایش های فیزیکی، شیمیایی و کانی شناسی آماده گردید. در این تحقیق بافت خاک به روش هیدرومتری (Klute, 1986)، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش استات سدیم (Burt, 2004)، کاتیون های کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون و سدیم و پتاسیم با دستگاه فلیم فتومتر اندازه گیری گردید (Burt, 2004). ماده آلی به روش والکلی و بلک (Page و همکاران 1982). مقدار گچ به روش ترسیب با استون و آهنک به روش تیتراسیون اندازه گیری شد (Burt, 2004). آنیون بیکربنات با استفاده از تیتراسیون، کلر به روش موهر و سولفات به روش رسوب سولفات کلسیم تعیین شدند (Burt, 2004). آماده سازی نمونه ها برای مطالعات کانی شناسی و اندازه گیری رس ریز بر اساس روش کیتربک و هوپ صورت گرفت (Kittrick و Hope, 1971). مقایسه میانگین ها به روش آزمون چند دامنه ای دانکن^{۱۲} در سطح ۵ درصد با استفاده از نرم افزار SAS صورت گرفت. برای مقایسه خاک های سطحی و عمقی در مناطق آبکنده و هزاردره نیز از آزمون (T-test) استفاده شد.

نتایج و بحث

جدول ۱، مقایسه میانگین متغیرهای فیزیکی و شیمیایی در سه نوع مختلف پلان آبکندها نشان می دهد. با توجه به مطالب ارائه شده، ملاحظه می شود که فقط درصد رس، مقدار سدیم تبدالی و محلول و مقدار هدایت الکتریکی آبکندهای شاخه ای با آبکندهای سرشاخه ای و آبراهه ای ساده دارای تفاوت معنی دار هستند و سایر متغیرهای فیزیکی و شیمیایی در انواع پلان آبکندها تفاوت معنی داری نداشتند.

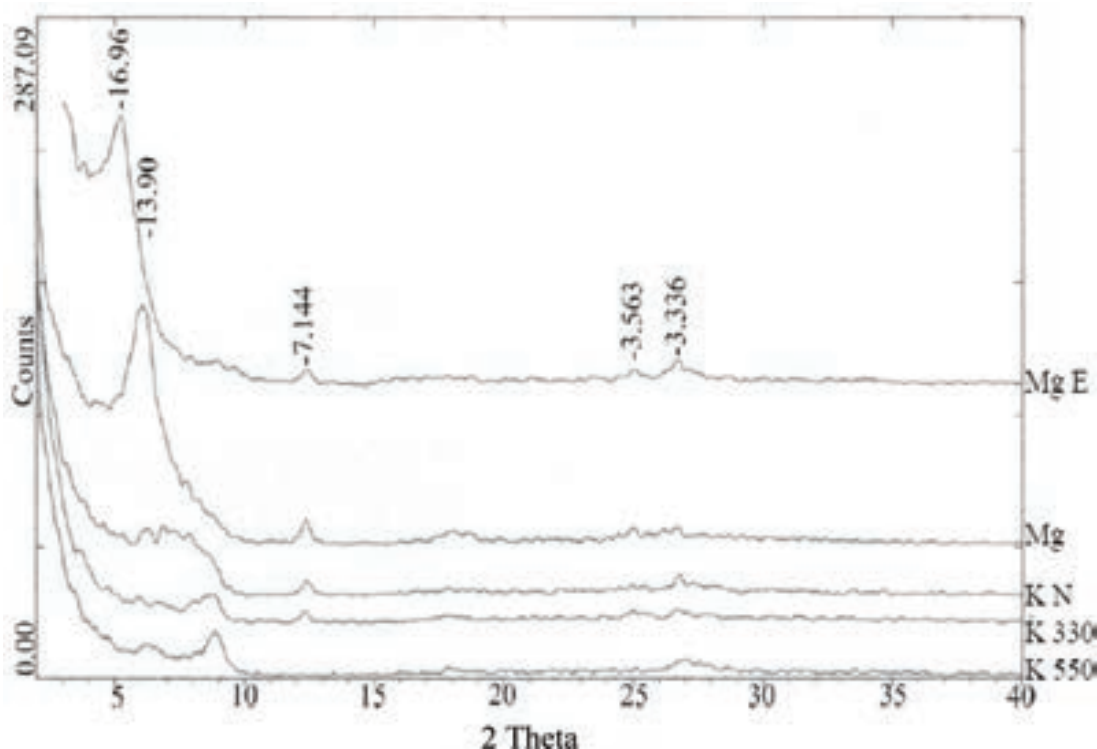
حدود ۸۰ درصد از نمونه های خاک مورد بررسی دارای بافت رسی و ۲۰ درصد باقی مانده رسی لومی بودند. ذرات رس در ایجاد حالت چسبندگی خاک و تشکیل خاکدانه نقش مهمی دارند. به طوری که اگر مقدار رس خاک کمتر از ۱۰ درصد باشد، تقریباً ساختمانی به وجود نخواهد آمد و اگر هم ساختمانی تشکیل شود ذرات خاک چسبندگی زیادی ندارند و در اثر فرسایش به سرعت پراکنده می شوند. از طرفی اگر میزان رس زیاد و بیش از ۴۰ درصد باشد، خاکدانه های کوچکی ایجاد می شوند که به آسانی فرسوده می شوند (Benito, 1991; Bahmanyar, 2002). که این حالت اخیر یعنی رس بیش از ۴۰ درصد در اکثر نمونه ها بخصوص در نمونه های خاک مربوط به آبکندهای شاخه ای دیده شد. علاوه بر مقدار رس، نسبت رس ریز به کل رس هم قابل توجه است. اگرچه میانگین مقدار رس ریز در سه نوع پلان مورد بررسی تفاوت معنی داری ندارد ولی بطور متوسط حدود ۳۵ درصد از کل رس نمونه های مورد بررسی را شامل می شود (جدول ۱). رس های ریز از نوع اسمکتایت با جذب آب در حضور سدیم دیسپرس شده و باعث از بین رفتن ساختمان خاک و تشدید فرسایش می شوند. (Imeson و Bouma, 2000). هر چه مقدار رس خاک بیشتر شود یا به عبارتی خاک بافت ریزی داشته باشد ظرفیت نگهداشت آب در خاک افزایش می یابد این پدیده منجر به انبساط رس ها و بسته شدن منافذ خاک شده در نتیجه نفوذ آب به داخل خاک کاهش یافته و روان آب های سطحی ایجاد می شود. این روان آب ها به تدریج بستر خود را کنده و عمیق می کنند و آبراهه هایی ایجاد می شود که با افزایش ابعاد آنها فرسایش آبکنده وسیعی به وقوع می پیوندد (Baade, 2000; Istanbuluoglu و همکاران 2005).

۲۰۰۲؛ Poesen و همکاران ۲۰۰۳؛ Soufi، ۲۰۰۳؛ Davoodi و Soufi، ۲۰۰۲.

جهت بررسی اثر نوع کانی ها بر شکل فرسایش آبکندی دیفراکتوگرام خاک هر کدام تهیه شد که در شکل های ۲ تا ۴ ملاحظه می شود. در دیفراکتوگرام شکل ۲ که مربوط به آبکند با پلان عمومی شاخه ای است، کانی های غالب شامل اسمکتایت، کائولینات و کوآرتز می باشند. در شکل ۳ که مربوط به آبکند دارای پلان عمومی سرشاخه ای است، کانی اسمکتایت، ورمیکولایت، ایلیات و کائولینایت مشاهده می شود. شکل ۴ دیفراکتوگرام مربوط به بخش رس لایه سطحی آبکند با پلان عمومی آبراهه ای ساده را نشان می دهد. کانی های غالب، شامل ایلیات، ورمیکولایت و مقداری کم از کائولینایت و کوآرتز نیز وجود دارد. کانی های اسمکتایتی در آبکندهای شاخه ای و تا حد کمتری در پلان های سرشاخه ای وجود دارند که جزء کانی های با انبساط پذیری زیاد هستند حضور این کانی ها نشان دهنده تأثیر مهم آنها در تشدید فرسایش و تغییر شکل ظاهری آبکندها از آبراهه ای ساده به شاخه ای می باشد (Imeson و Bouma، ۲۰۰۰). آماس پذیری رس ها که افزایش حجم کانی های رسی در اثر جذب آب می باشد منجر به کوچک شدن فضای بین ذرات، نهایتاً باعث کاهش میزان نفوذپذیری آب به درون خاک می شود (Bahmanyar، ۲۰۰۲؛ Istanbuluoglu و همکاران ۲۰۰۵). از طرفی وجود سدیم در خاک ها منجر به افزایش پتانسیل اسمزی و کاهش نیروهای جاذبه واندروالسی بین ذرات و واگرایی بیشتر خاک های رسی می شود (Benito و همکاران ۱۹۹۱). وجود رس های انبساط پذیر اسمکتایتی همراه با سدیم، سبب تشدید فرسایش و افزایش شاخه در آبکندها شده و باعث می شود آبکندها از حالت ساده به سرشاخه ای و شاخه ای تغییر یابند (Benito و همکاران ۱۹۹۱؛ Imeson و Bouma، ۲۰۰۰؛ Bahmanyar، ۲۰۰۲).

آب و فرسایش افزایش می یابد. ایجاد آبکند در این اراضی به دو حالت اتفاق می افتد حالت اول اینکه وجود یک لایه تحتانی با نفوذ پذیری کمتر بدلیل مقدار رس بالاتر (بافت سنگین تر) و سدیم بیشتر قادر است آب نفوذ یافته به لایه تحتانی را بدام انداخته و در هنگام بروز روان آب سطحی، خاک بسرعت دیسپرسه شده و فرسایش می یابد. حالت دوم اینکه خاک زیرین توسط جریان زیرقشری شسته شده و انتقال می یابد و در صورت ریزش لایه سطحی، تونل ها در سطح اراضی ظاهر می شوند به عبارتی خاک زیرین فرسوده شده و از محیط خارج می شود در حالی که خاک سطحی در جای خود باقی مانده است، به وجود آمدن تونل ها در طبقات تحتانی زمین در اثر پراکندگی ذرات خاک به دلیل وجود یون سدیم و غیر قابل نفوذ بودن لایه های زیرین آن ها است. بنابراین افزایش سدیم در لایه تحتانی علاوه بر ناپایداری خاکدانه ها، باعث تشدید فرایند تونلی شدن و گسترش آبکندها می شود. این حفره ها در نزدیکی آبراهه ها تشکیل شده و با اضافه شدن ابعاد آن ها فرسایش آبکندی شدیدی به وقوع می پیوندد (Ezochi، ۲۰۰۰؛ Gomez و همکاران ۲۰۰۳؛ Faulkner، ۲۰۰۴).

جدول ۳، ویژگی های مورفومتریک و سایر خصوصیات آبکندهای مورد مطالعه را نشان می دهد. آبکندها در منطقه مطالعاتی دارای پلان سر آبکند عمودی و غارمانند هستند وجود پیشانی غارمانند در آبکند نشان دهنده تأثیر پدیده تونلی شدن در آنها است که معمولاً به علت رس بیشتر در لایه های زیرسطحی خاک می باشد (Soufi، ۲۰۰۳) همچنین همه آبکندها دارای پلان نوک دار در پیشانی خود بوده که نشانه تأثیر روان آب سطحی در ایجاد و گسترش آنها می باشد (Soufi، ۲۰۰۳). تمامی آبکندهای مورد مطالعه دارای مقطع عرضی U شکل می باشند که نشان دهنده تأثیر روان آب های زیرسطحی در تشکیل این مقطع عرضی است (Nachtergale و همکاران



شکل ۲- دیفراکتوگرام مربوط به آبکند با پلان شاخه ای

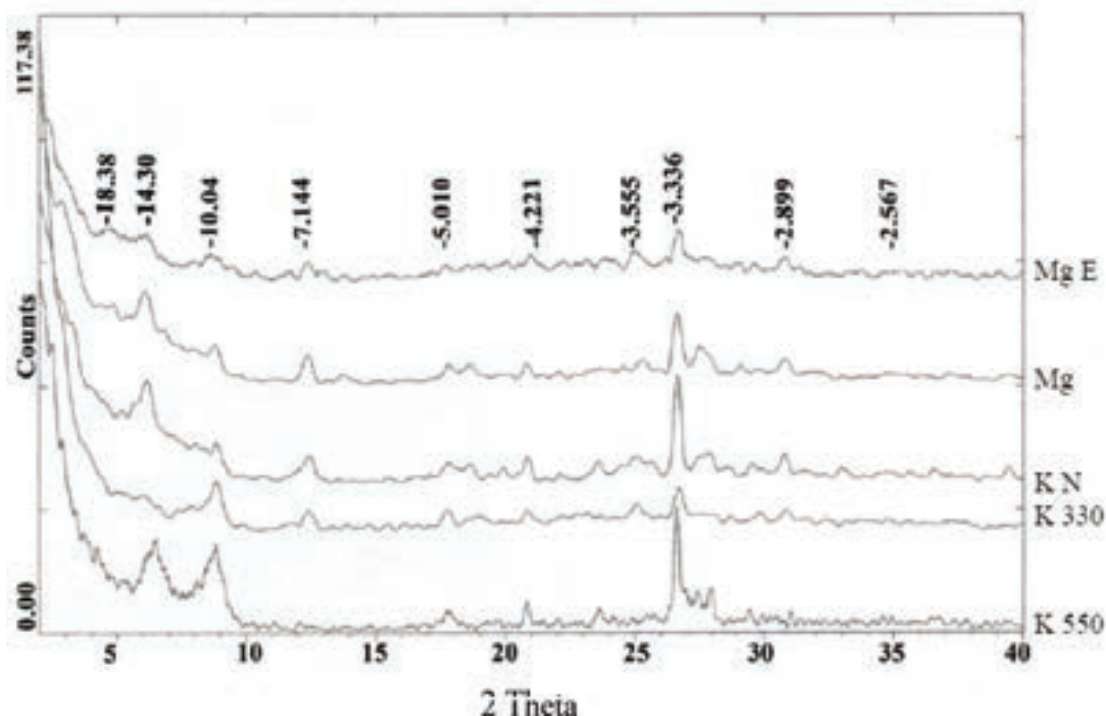
جدول ۲- میانگین متغیرهای فیزیکی و شیمیایی خاک تحتانی آبکندهای مختلف همراه با مقایسه آماری آنها

متغیر*	انواع آبکند	شاخه ای	سرشاخه ای	ساده
رس (کوچکتر از ۲ میکرون)	(۰/۴۲)۴۲/۳ ^{***}	(۰/۴۶)۳۸/۱ b	(۰/۴۳)۳۸/۹ b	
رس ریز (کوچکتر از ۰/۲ میکرون)	(۰/۱۴)۱۴/۳ a	(۰/۱۹)۱۳/۹ a	(۰/۱۶)۱۳/۵ a	
شن (۵۰ تا ۲۰۰۰ میکرون)	(۰/۴۸)۳۹/۷ a	(۰/۵۴)۳۹/۱ a	(۲/۲)۴۰/۸ a	
شن ریز (۵۰ تا ۱۰۰ میکرون)	(۰/۶۵)۲۰/۲ a	(۰/۶۲)۲۰/۵ a	(۰/۶۵)۲۰/۹ a	
سیلت (۲ تا ۵۰ میکرون)	(۰/۴۹)۳۲/۳ a	(۰/۴۸)۳۰/۲ a	(۰/۵۲)۳۳/۹ a	
گچ	(۰/۲۵)۱۸/۲ a	(۰/۲)۱۹ a	(۰/۲۹)۱۸/۱ a	
آهک	(۰/۳۲)۷ a	(۰/۴۱)۷ a	(۰/۳۶)۷ a	
هدایت الکتریکی	(۰/۴۱)۱۸/۱ a	(۰/۳۶)۱۸ a	(۰/۲۹)۱۷/۳ a	
pH	(۰/۲۱)۸ a	(۰/۲)۸ a	(۰/۱۹)۸ a	
کلر	(۰/۴۱)۱۲ a	(۰/۳۸)۱۱/۶ a	(۰/۴۷)۱۱/۸ a	
سولفات	(۰/۷)۶/۵ a	(۰/۷۵)۵/۷۱ a	(۰/۸۹)۵ a	
بیکربنات	(۱/۳۸)۴/۸ a	(۱/۸)۴/۸ a	(۱/۰)۴/۵ a	
پتاسیم محلول	(۰/۱۸)۰/۴۷ a	(۰/۱۳)۰/۴۹ a	(۰/۱۴)۰/۴۹ a	
سدیم محلول	(۳/۵)۱۵۰ a	(۲/۶)۱۴۲/۹ ab	(۱/۹)۱۳۲/۶ b	
منیزیم محلول	(۱)۳/۱ a	(۱/۶۲)۴ a	(۱/۱)۳/۷ a	
کلسیم محلول	(۰/۹۱)۷/۰ a	(۱/۱)۷/۰ a	(۱)۷/۲ a	
پتاسیم تبادلی	(۰/۱۸)۰/۸۳ a	(۰/۲۱)۰/۹ a	(۰/۲۷)۰/۹۳ a	
سدیم تبادلی	(۳/۴۱)۲۷/۶ a	(۱/۹۸)۲۱/۴ b	(۱/۱۷)۲۰/۷ b	
منیزیم تبادلی	(۰/۹۳)۵/۸ a	(۱)۶/۱ a	(۱)۶ a	
کلسیم تبادلی	(۰/۱۵)۵/۵ a	(۱/۰۲)۵/۷ a	(۰/۹۷)۶/۰ a	
ظرفیت تبادل کاتیونی	(۰/۹)۴۶/۹ a	(۰/۷۸)۴۶/۵ a	(۰/۸۵)۴۴/۱۸ a	
کربن آلی	(۰/۱۴)۰/۲۰ a	(۰/۱۶)۰/۱۷ a	(۰/۱۸)۰/۱۸ a	

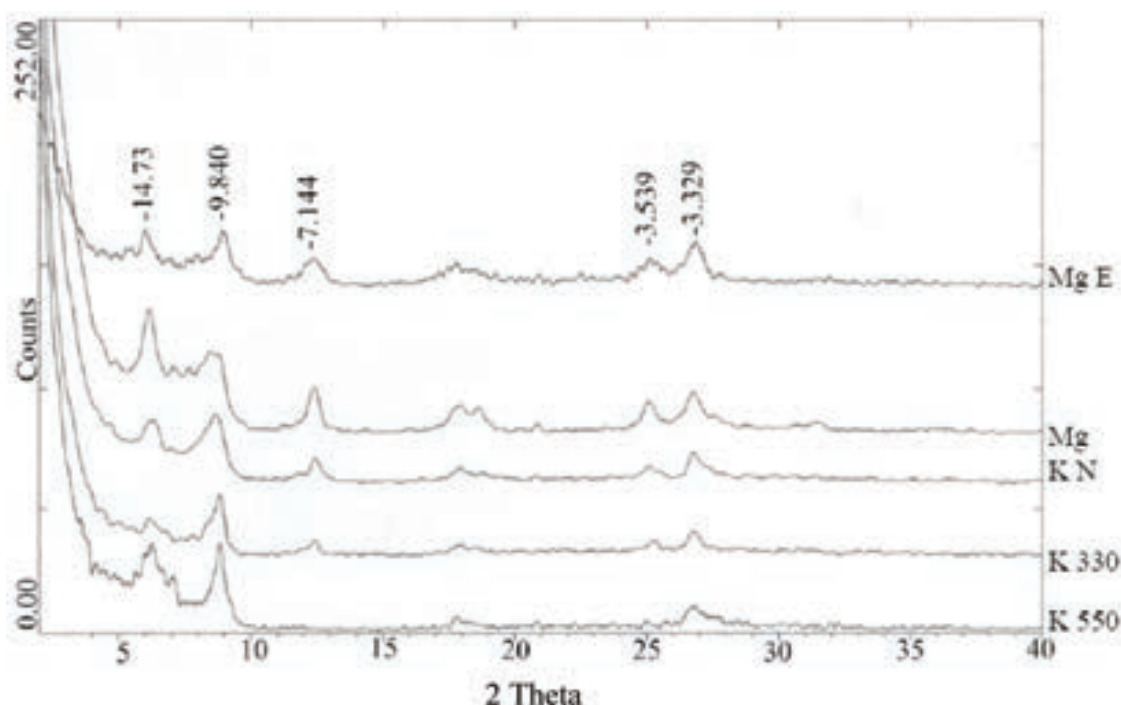
*مقادیر آهک، گچ، کربن آلی بر حسب درصد، هدایت الکتریکی اشباع بر حسب دسی زیمنس بر متر، آنیون ها و کاتیون های محلول بر حسب میلی اکی والان بر لیتر، کاتیون های تبادلی و ظرفیت تبادل کاتیونی بر حسب میلی اکی والان بر ۱۰۰ گرم خاک.
 **حروف a و b، مربوط به مقایسه میانگین به روش دانکن و سطح احتمال آماری ۰/۰۵ است. همچنین اعداد داخل پرانتز نشان دهنده انحراف معیار داده هاست.

جدول ۳- ویژگی های مورفومتریک و سایر خصوصیات آبکندهای مورد مطالعه

پلان عمومی آبکند	طول آبکند (متر)	مختصات جغرافیایی	ارتفاع متوسط از سطح دریا (متر)	نوع آبکند	پلان سر آبکند	پلان سر آبکند	توپوگرافی مکان آبکند	عمق آبکند (سانتی متر)	شکل مقطع عرضی آبکند
معرف	۱۰۰	N: ۳۶ ۵۰ ۲۳ E: ۴۹ ۰۶ ۴۲	۶۱۳	جانبی	نوک دار	غار مانند	مسطح	۷۰	U شکل
شاخه ای	تکرار ۱	N: ۳۶ ۴۹ ۵۶ E: ۴۹ ۰۲ ۵۵	۴۰۹	جانبی	نوک دار	غار مانند	مسطح	۱۰۰	U شکل
تکرار ۲	۱۰۵	N: ۳۶ ۴۹ ۰۸ E: ۴۹ ۰۴ ۴۴	۳۸۳	جانبی	نوک دار	غار مانند	تپه ماهوری کوتاه	۹۷	U شکل
معرف	۱۲۰	N: ۳۶ ۴۵ ۴۷ E: ۴۹ ۱۵ ۲۴	۳۳۷	جانبی	نوک دار	غار مانند	تپه ماهور	۱۰۰	U شکل
سرشاخه ای	تکرار ۱	N: ۳۶ ۵۰ ۲۲ E: ۴۹ ۰۶ ۴۴	۶۲۱	جانبی	نوک دار	عمودی	تپه ماهور	۱۱۷	U شکل
تکرار ۲	۱۱۵	N: ۳۶ ۵۰ ۱۸ E: ۴۹ ۰۶ ۴۷	۶۳۶	جانبی	نوک دار	عمودی	تپه ماهور	۱۲۱	U شکل
معرف	۱۰۲	N: ۳۶ ۴۵ ۲۵ E: ۴۹ ۱۶ ۲۶	۳۴۹	جانبی	نوک دار	عمودی	مسطح	۷۰	U شکل
ساده	تکرار ۱	N: ۳۶ ۴۵ ۴۱ E: ۴۹ ۱۵ ۴۳	۳۴۱	جانبی	نوک دار	عمودی	تپه ماهور	۱۱۰	U شکل
تکرار ۲	۹۵	N: ۳۶ ۴۶ ۸۲ E: ۴۹ ۱۰ ۳۴	۳۳۳	جانبی	نوک دار	غار مانند	تپه ماهور	۱۲۲	U شکل



شکل ۳- دیفراکتوگرام مربوط به آبکند با پلان سرشاخه ای



شکل ۴- دیفراکتوگرام مربوط به آبکند با پلان عمومی ساده

- 7- Cave
- 8- Dendretic
- 9- Head-dendretic
- 10- Linear
- 11- Piping erosion
- 12- Duncan Multiple Range Test
- 13- Pseudo structure

منابع مورد استفاده

- 1- Alizadeh, A. (2001) *Air and Climatology*. Ferdowsi University of Mashhad Press. 4th Edition. 382p. (In Persian)
- 2- Baade, J. (2000) *Ephemeral gully erosion concepts and consequences*, Elsevier, Catena Verlag. Cremlingen.
- 3- Bahmanyar, M.A. (2002) *Effect of parent material on clay mineralogy in some woodland areas of northern Iran*, symposium no, 7. Paper No: 358.
- 4- Benito, G., Gutierrez, M., and Sancho, C. (1991) *Erosion pattern in rill and interrill areas in badland zones of the middle Ebro Basin (NE-Spain)*. Soil erosion studies in Spain. Pp: 41-54.
- 5- Betts, H.D., and Trustrum, V.A. (2003) *Geomorphic changes in a complex gully system measured from sequential digital elevation models and implications for management*. *Earth Surface Processes and Landforms*, 28(10): 1043-1058.
- 6- Bork, H.R. (2004) *Soil erosion during the 20th century*. Examples from South Africa's, China and Europe. Technology Press,

نتیجه گیری

نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد، از بین فاکتورهای فیزیکی مقدار رس و از متغیرهای شیمیایی میزان یون سدیم، نقش مهمی در مورفولوژی آبکندها داشتند. البته علاوه بر مقدار رس، نوع کانی‌های رسی انبساط پذیر اسمکتایتی هم بسیار تعیین کننده است. این سه فاکتور، در کنار یکدیگر فرسایش آبکندی شدیدی را باعث شده و سبب می‌شوند که آبکندها از حالت آبراهه‌ای ساده به پلان‌های شاخه‌ای تبدیل شوند. در خاک‌های مارنی که بیشتر املاح تشکیل دهنده آنها نمک است شرایط برای رشد گیاه فراهم نیست، بنابراین دارای فقر ماده آلی می‌باشند که به طبع آن خاکدانه سازی کم و ذرات به صورت منفرد و بدون ساختمان بوجود می‌آید که اینگونه خاک‌ها مستعد هرگونه فرسایش می‌باشند. با توجه به پتانسیل بالای مارن‌ها در تولید رسوب، پیشنهاد می‌شود اقدامات اصلاحی لازم از قبیل کاشت گیاهان شورپسند یا گیاهانی که سدیم را در اندام‌های خود ذخیره می‌کنند، یا اصلاح کننده‌های شیمیایی و تثبیت بیولوژیکی جهت کاهش رسوب صورت بگیرد. همچنین این تحقیق در یک اقلیم مرطوب در استان گیلان نیز انجام شود تا علاوه بر ویژگی‌های خاک، تأثیر اقلیم بر مورفولوژی آبکندها نیز مورد بررسی قرار گیرد.

پاورقی‌ها

- 1- Pointed
- 2- Rounded
- 3- Notched
- 4- Digitated
- 5- Inclined
- 6- Vertical

- 20- Nachtergaele, J., Poesen, J., Sidorchulk, A. and Torri, D. (2002) Prediction of concentrated flow width in ephemeral gully channels. *Journal of Hydrological Processes*, 16(10), 1935-1953.
- 21- Nyssen, J., Veyret Picot, M., and Poesen, J. (2004) The effectiveness of loose rock Chec dams for gully control in Tigray, Northern Ethiopia. *Journal of Soil Use and Management*, 20(1): 55-64.
- 22- Ouhadi, V.R., and Yong, R.N. (2003) The role of clay fraction of marly soils on their post stabilization failure. *Journal of Engineering Geology*. 57:125-149.
- 23- Page, A. L., Miller, R. H., and Keeney, D. R. (1982) *Methods of Soil Analysis Part 2: Chemical and Microbiological Properties*. 2nd Edition, American Society Agronomy, Journal of Soil Science Society American, Madison, Wisconsin, USA. 1159p.
- 24- Poesen, J., Natchtergaele, J., Verstraeten, G., and Valentin, C. (2003) Gully erosion and environmental change: importance and research needs. *Journal of Catena*, 50, 91-133.
- 25- Rafahi, H.GH. (2000) *Soil Erosion by Water and Conservation*. Tehran University Press. 3rd edition. 551p. (In Persian)
- 26- Rahi, GH. (1998) *Gully formation mechanism in Genaveh*, Iran. M.Sc. thesis. Faculty of natural resources, Tarbiat Modarres University, 106p. (In Persian)
- 27- Rangavar, A., Angoshtari, H., and Soufi, M. (2005) *Morpho-climatic Investigation of gullies in Khorasan province*. 3th erosion and sediment national conference, Tehran, Iran. Pp:321-327. (In Persian)
- 28- Soufi, M. (2003) *Morpho-climatic Investigation of gullies in Fars province*. Fars natural resources center. 12pages. (In Persian)
- 29- Soufi, M. (2004) *Morpho-climatic classification of gullies in Fars province southwest of I.R. Iran*. 13th International Soil Conservation Organisation Conference–Brisbane, (ISCO), Paper No: 750.
- 30- Soufi, M. and Davoodi, A.A. (2002) *Comparison of Gully Erosion in two Different Climatic and Land Use Conditions in the Central Iran, Markazi province*. 12th ISCO Conference, May 26-31, Beijing, China. 3p.
- 31- Tabatabaee, A.M. (2000) *Investigation of gully erosion changes in Khozestan province using satellite image processing and GIS*. 2th erosion and sediment natural conference. (In Persian)
- 32- Valentin, C., Poesen, J., and Yong, L. (2005) Gully erosion: impacts, factors and control. *Journal of Catena*, 63: 132-153.
- 33- Wischmeier, W.H., and Smith, D.D. (1978) *Predicting rainfall erosion losses*. A guide to conservation planning. USDA. Agr. Res. Serv. Handbook, 537p.
- Chengdu, China, Pp: 3-10.
- 7- Bouma, N.A. and Imeson, A.C. (2000) Investigation of relationships between measured field indicators and erosion processes on badland surfaces at petrer, Spain. *Catena*, 40: 147-171.
- 8- Burt, R. (2004) *Soil Survey Laboratory Methods Manual*. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, USA, 700p.
- 9- Ezochi, J.I. (2000) *The influence of runoff, lithology and water table on the dimensions and rate of gully processes in Eastern, Nigeria*. Elsevier, Catena verlage. Cremlingen.
- 10- FAO/Unesco. (1972) *Irrigation, Drainage and salinity*. 510p.
- 11- Faulkner, H., Alexander, R., Teeuw, R., and Zukowskyj, P. (2004) Variation in soil dispersivity across a gully head displaying shallow sub-surface pipes and the role of shallow pipes in rill initiation. *Soil Surface Characteristics; Dynamic and Impact on Soil Erosion, Earth Surface Processes and Landforms*, 29(9):1143-1160.
- 12- Gomez, B., Banbury, K., and Marden, M. (2003) Gully erosion and sediment production, Te Weraroa Stream, New Zealand. *Journal of Water Resources Research*, 39(7):1187-1192
- 13- Guilan Natural Resource and Agricultural Research Center. (1998) *Report of place identification for research station establishment in Roodbar watershed*. (In Persian)
- 14- Ireland, H.A., Sharpe, C.F.S. and Eargle, D.H. (1939) *Principles of gully erosion in the Piedmont of South Carolina*, USDA Technological Bulletin 633, 142p.
- 15- Istanbuluoglu, E., Rafael, L., and Flores-Cervantes, H. (2005) Implications of bank failures and fluvial erosion for gully development: Field observations and modeling. *Journal of Geophysical Research*, Vol(110): 1014-1029.
- 16- Kittrick, J.A. and Hope, E.W. (1971) *A procedure for the particle-size separation on soils for X-ray diffraction analysis*. Soil Sci. Soc. Am. Madison, Wiscon. USA. Pp: 383-409.
- 17- Klute, A. (1986) *Methods of Soil Analysis, Part I. Physical and Mineralogical Methods*. 2nd Edition, American Society Agronomy, *Journal of Soil Science Society American*, Madison, Wisconsin, USA. 1189p
- 18- Mieth, A., and Bork, H.R. (2005) History, origin and extent of soil erosion on eastern Island (Rapa Nui). *Journal of Catena*, 63:244-260.
- 19- Ming, B., and Gallichand, J. (2003) Run-off and sediment responses to conservation practices, Loess plateau of China. *Journal of American Water Resources Association*, 39(5):1197-1207.

