

اثر نوسانها و شوری آب زیرسطحی بر اشکال مختلف آهن در برخی از خاک‌های خوزستان

مصطفی پژوهان نیا^۱ - مصطفی چرم^۲ - سیروس جعفری^{۳*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۳/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۱/۲۳

چکیده

اشکال آهن و نسبت آن‌ها در خاک می‌تواند درجه تکاملی خاک‌ها را نشان دهد. هدف از این تحقیق، تعیین همبستگی بین شوری و سطح آب زیرسطحی بر تکامل خاک و اثرات زهکشی بر تشکیل این فرایندها در شرایط خاک‌های شور و غیرشور است. برای این منظور ۱۲ خاک‌رخ و ۶ مته در مناطق حاشیه جنوبی شوش و عبدالخان در استان خوزستان حفر گردید. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و اشکال آهن خاک به دو روش دیتیونایت سدیم (Fe_d) و اگزالات آمونیوم (Fe_o) عصاره‌گیری و اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که نسبت آهن اگزالات به آهن دیتیونایتی در این خاک‌ها تحت تأثیر شوری، بافت خاک، مواد آلی، کشت و کار، سطح آب زیرسطحی متفاوت است. شوری برخی از خاک‌رها سبب شده که ریزجانداران مؤثر بر فرایند اکسایش و احیا امکان فعالیت نداشته باشند. بین مقدار شوری آب و Fe_c و مقدار شوری آب و Fe_o همبستگی مثبتی ملاحظه شد (R²=0.85). در مناطق شور، تجمع آهن بیشتر به صورت بی‌شکل و در منطقه غیرشور به شکل بلوری بود. این امر نشان دهنده شرایط مناسب برای تشکیل آهن بلوری در منطقه غیرشور است. با افزایش مقدار رس و قدمت کشت و کار، مقدار آهن بلوری هم بیشتر شد. نتایج نشان داد افزایش یون‌های SO₄²⁻ و Cl⁻ در خاک‌ها، باعث واکنش این یون‌ها به آهن شده و مانع از تشکیل آهن بلوری می‌شود و آهن بیشتر به صورت بی‌شکل رسوب نموده است.

واژه‌های کلیدی: آب زیرسطحی، آهن بلوری، شوری و رنگدانه

مقدمه

آهن به شکل‌های مختلفی در خاک مشاهده می‌گردد. در کانی‌های اولیه آهن به صورت Fe³⁺ یا Fe²⁺ است که طی هوازدگی در محیطی با تهویه نامناسب به شکل Fe²⁺ درآمده و آزاد می‌شود. در حالی که در خاک‌های با تهویه مناسب به Fe³⁺ تبدیل و به صورت اکسید و هیدروکسیدهای Fe³⁺ رسوب می‌کند. توزیع آهن و اشکال آن شاخصی در ارزیابی تکامل خاک می‌باشد (۳۰). از طرفی مقایسه مقدار آهن در افق‌های مختلف خاک بیانگر میزان آبشویی این عنصر در خاک می‌باشد که در تشخیص انواع خاک به طور اجمالی اهمیت دارد. اکسیدهای آهن باعث پایداری ساختمان خاک می‌شود، به طوری که حتی در محیط اسیدی، در صورتی که شرایط هوازدگی خاک مناسب باشد آهن به صورت سه ظرفیتی باقی خواهد ماند. در طول هوازدگی، بخشی از آهن ساختمانی مواد مادری آزاد شده و در

خاک به صورت بی‌شکل، بلوری ضعیف، بلوری و یا هیدروکسی و اکسی هیدروکسی رنگی مجدد رسوب می‌کند. با افزایش سن خاک، میزان این محصولات افزایش یافته و در نتیجه میزان آهن آزاد اغلب می‌تواند به عنوان شاخصی برای تعیین سن نسبی خاک‌ها به کار برده شود (۱۹). ترکیبات آهن بلوری و بی‌شکل با بخش رس خاک پیوند می‌یابند. به نظر می‌رسد اکسیدهای آزاد آهن عامل اتصال ذرات ریز بهم هستند. تبلور خیلی بالا یا کسیدهای آزاد آهن در خاک‌ها، شاید نتیجه محیط اسیدی متوسط، تر و خشک شدن پی در پی و سن بالا باشد (۳۵). تشکیل عوارض اکسید و احیاء به صورت تجمع و تخلیه آهن و منگنز، در اثر نوسان سطح آب زیرسطحی در خاک رخ می‌دهد (۳۶).

الگوهای رنگی و عوارض اکسید و احیاء مهم‌ترین خصوصیت خاک‌های شالیزار تحت تأثیر نوسان سطح آب زیرسطحی می‌باشد. با استفاده از آن‌ها می‌توان اشباع فصلی این خاک‌ها را پیش‌بینی کرد (۹ و ۱۲). دوره‌های متناوب اکسایش و کاهش در زمان‌های طولانی و به دنبال آن تحرک و تجمع یا تخلیه آهن و منگنز با عمق سطح آب زیرسطحی در ارتباط است (۴). در خاک‌های اشباع ناشی از بالا بودن سطح آب زیرسطحی، زمینه خاک دارای کروم‌های پایین بوده و

۱ و ۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استاد گروه علوم خاک، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- دانشیار گروه علوم خاک دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان
(*-نویسنده مسئول: Email: siroosjafari@yahoo.com)

پوشش های هیپو و کوازی آهن اغلب در امتداد دیواره حفره ها، و رنگ دانه ها اغلب در سطوح خاکدانه ها قرار می گیرند. در خاک هایی که شرایط احیاء، ناشی از نفوذ آب سطحی است مقدار نودول و سخت دانه های رنگین فراوان تر بوده و لکه های رنگی غالباً در داخل خاکدانه ها می باشند (۵، ۳۱ و ۳۶). خاک های غرقاب در شرایط احیائی دارای رنگ خاکستری تیره هستند. در این خاک ها، آهن و منگنز به شکل احیاء، در طبقات زیرین در روی سطوح ریشه و یا نواحی دارای اکسیژن کافی اکسیده شده و به شکل های مختلف رسوب می کنند. رنگ خاک و عوارض ناشی از اکسیداسیون و احیاء از جمله مهم ترین خصوصیات می باشند که از آب زیرسطحی و نوسان آن و همچنین مقدار آب مصرفی برای آبیاری تأثیر می پذیرند (۱، ۹، ۳۲، ۳۳ و ۳۴). بررسی تأثیر سن خاک بر بلورهای اکسید آهن در خاک های سواحل رودخانه ای با سنین مختلف در وینا (Vienna) استرالیا نشان داد که نسبت آهن قابل استخراج به اکسالات دیتینوایت (Fe_2O_3/Fe_3O_4) به صورت فزاینده ای از ۰/۵ به کمتر از ۰/۰۲ با افزایش سن خاک کاهش می یابد. نتایج نشان می دهد که این شاخص برای تشخیص سن و بلوغ خاک قابل اعتماد می باشد (۱۴). املاحی مانند سولفید و یا کلر و بی کربنات می تواند بر رویش کل آهن و منگنز تأثیر بگذارد. به طور کلی شرایط قلیایی باعث رسوب آهن و تبدیل شدن آن به ترکیبات معدنی آهن می شود. در صورت وفور این عناصر در آبریز سطحی و یا خاک، این عناصر قادر به انجام واکنش شیمیایی با آهن و منگنز می باشند و ممکن است آن ها را رسوب داده و یا با افزایش حالیت از خاک بشویند (۷). کربنات آهن نیز از ترکیباتی است که نسبت به pH خیلی حساس است و در pH های کم انحلال خوبی دارد اما در pH بالا انحلال آن کم می شود. در فضاهایی که کمبود اکسیژن باشد و pH بالا و بیکربنات وجود داشته باشد $FeCO_3$ تولید می شود (۲۷). نورول و لیندزی (۱۸) گزارش کردند که اضافه کردن $FeCl_3$ قابل حل به خاک، باعث رسوب $Fe(OH)_3$ بی شکل شده است. طی مدت ۳۰ روز، حالیت Fe^{3+} ، به میزان ۰/۸۴ واحد لگاریتمی کاهش یافته تا به سطح آهن خاک برسد.

با افزایش سابقه کشت و کار، مقدار آهن قابل استخراج با دیتینوایت افزایش یافته که نشان می دهد هر چه سن مزرعه بیشتر شود مقدار اشکال بلورین آهن افزایش می یابد و این نشان از افزایش سن هوازگی است. با افزایش سن کشت و کار، مقدار آهن آزاد در خاک کمتر شده و بیشتر به سمت بلوری شدن پیش می رود. در لایه های سطحی، میزان اشکال بی شکل به دلیل پیوند با اسیدهای آلی مترشح از گیاه، بیشتر است. جذب آب و خشک شدن خاک توسط گیاهان باعث تغییر در برخی خواص خاک از جمله تبدیل آهن بی شکل به شکل بلوری می شود (۲۳). ریشه گیاه با ایجاد شکاف در خاک، باعث نفوذ بهتر آب در خاک و ایجاد شرایط احیائی موقت در آن شده، سپس با جذب آب توسط گیاه و ایجاد شرایط اکسایشی سبب

تجمع آهن به شکل بلوری می شود (۲۸).

رابطه نزدیکی بین پایداری خاکدانه های درشت با اکسیدهای آهن و آلومینیوم نسبت به سایر خصوصیات های خاک به ویژه کربن آلی وجود دارد که بیانگر آن است که سز کوئی اکسیدها از فاکتورهای اصلی پایداری خاکدانه های درشت هستند (۲). وجود اکسیدهای آهن و آلومینیوم در خاک سبب افزایش جذب سطحی مواد آلی بر روی سطح خاک شده و یا به صورت یک اتصال الکتریکی بین بارهای مثبت اکسیدها و بار منفی رس ها قرار می گیرند. این مواد همچنین با ایجاد یک پوشش بر روی سطح کانی ها مانند پلی بین ذرات اولیه و ثانویه خاک قرار گرفته و آن ها را بهم متصل می نماید (۲۹).

میزان آهن قابل استخراج با سترات بی کربنات و دیتینونات سدیم خاک با میانگین وزنی قطر خاکدانه رابطه خطی مثبت و معنی داری دارد. مطالعات نشان داد که بین میزان اکسیدهای آهن بی شکل با پایداری خاکدانه و میزان رس قابل پراکنش خاک رابطه معنی داری وجود دارد (۲۵). هیدروکسیدهای آهن و رس های کوچک تر از ۰/۱ میلی متر رابطه خطی با میانگین وزنی قطر خاکدانه دارند. وجود این ترکیبات در سطح خاک باعث افزایش جذب ترکیبات آلی در سطح خاک شده که به فرآیند خاکدانه سازی در خاک کمک می کند (۲۶). مباگو (۱۵) عنوان داشت در خاک های نیجریه اکسیدهای آهن و آلومینیوم و کربنات کلسیم نسبت به مواد آلی خاک در پایداری ساختمان خاک بیشترین نقش را دارد.

نوسان آب زیرسطحی پدیده ای متداول در خوزستان است که باعث ایجاد برخی از تغییرات در خصوصیات خاک ها به ویژه در فرایند انتقال و تجمع اکسیدهای آهن و منگنز در خاک شده است. اثرات این عوامل در تغییر خصوصیات خاک به سایر شرایط خاک از جمله شوری یا عدم آن، فعالیت میکروبی، وجود یا عدم وجود ماده آلی در خاک، بافت خاک و بسیاری از خصوصیات دیگر بستگی دارد. لذا مطالعه اشکال مختلف اکسیدهای آهن و تغییرات آن ها در خاک در اثر عوامل مختلف می تواند به تعیین روند تکامل خاک ها کمک نماید. اهداف این مطالعه شامل بررسی نوسان ها و کیفیت آب زیرسطحی و همچنین بررسی اثر برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک بر اشکال مختلف اکسیدهای آهن موجود در برخی از خاک های شور و غیرشور خوزستان می باشد.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه در ۵۰ کیلومتری شمال اهواز و در مسیر جاده اهواز- شوش قرار دارد. از نظر موقعیت جغرافیایی $31^{\circ}48'$ تا $31^{\circ}40'$ طول شرقی و $37^{\circ}31'$ تا $37^{\circ}03'$ عرض شمالی واقع گردیده است. با استفاده از نقشه توپوگرافی، تصاویر ماهواره ای و بازدیدهای صحرائی، ۶ خاکرخ در جنوب شوش (خاکرخ های ۷ تا ۱۲

داشتند: بخشی از این اراضی مسطح بوده و فاقد آب ماندگی در سطح بودند. در این اراضی، شوری خاک از عمق، در اثر تبخیر شدید سطحی بالا آمده و در سطح زمین تجمع یافته است. بنابراین شوری افق‌های سطحی بیش‌تر از عمق است. خاک‌های شماره ۱، ۲، ۵، ۶، ۱۲، شامل این دسته از خاک‌ها است. در این دسته از خاک‌ها، تفاوت چندانی در میزان آهن بلورین در سطح و عمق هر خاک‌رخ و همچنین در خاک‌رخ‌های مختلف وجود ندارد.

با این وجود مقادیر Fe_e در عمق، بیش‌تر از افق‌های سطحی بود که می‌تواند به دلیل اثرات تلاطم سطح آب زیرسطحی بر شرایط احیای آهن و آزاد شدن آن باشد. اگر در زمان احیا آهن، در آب آنیون‌هایی مانند SO_4^{2-} ، Cl^- و HCO_3^- به مقدار زیاد وجود داشته باشد و غلظت الکتروولت نیز بالا باشد، آهن با این آنیون‌ها واکنش داده و تولید سولفید، کلور و یا بی‌کربنات آهن می‌نماید. اغلب این ترکیبات به شکل لپیدوکروسایت و به صورت بی‌شکل در خاک‌های شور با بیکربنات رسوب می‌نمایند. علت بالاتر بودن مقدار آهن بلوری در منطقه غیرشور، مقدار کم ترکیباتی چون سولفات، بی‌کربنات و کلر می‌باشد که آهن در فقدان آن‌ها در دیواره خلل و فرج رسوب نموده و تشکیل رنگدانه می‌دهد.

علت کمتر بودن Fe_e در مناطق غیرشور به احیاء آن و افزایش تحرک آن نسبت داده شد که با برخورد به شرایط اکسیدی بیشتر در برخی از منافذ درشت و یا در مجاور ریشه‌های گیاه، اکسید شده و تشکیل نقاط رنگی را می‌دهد ولی در منطقه شور چون باکتری‌ها قادر به فعالیت نمی‌باشند، امکان تجزیه مواد آلی وجود نداشته و لذا شرایط احیایی در خاک حادث نشده که آهن به شکل متحرک درآید. در زمان‌های محدودی که در اثر جریان‌های آبشویی یا خیز موئینگی میزان شوری خاک کم شود، مقداری آهن از ساختار کانی‌ها آزاد شده ولی به دلیل شوری و وجود املاح زیاد در محلول خاک، فرصت کافی برای تشکیل بلور نداشته و به صورت بی‌شکل در خاک رسوب می‌نماید (۶ و ۱۷). در این خاک‌ها، نیم‌رخ شوری خاک از سطح به عمق رو به کاهش است که برعکس روند میزان Fe_e موجود در خاک‌هاست. به عبارتی در این خاک‌ها با کاهش شوری در افق‌های عمقی و تلاطم آب طی دوره‌ای از سال، میزان آهن بلورین افزایش نشان می‌دهد. به عنوان مثال در خاک‌رخ ۵، شوری خاک ۱۴/۹ دسی‌زیمنس بر متر بوده و میزان Fe_e ۴۶۰/۱ می‌باشد. با کاهش شوری به ۸/۱ دسی‌زیمنس بر متر در افق C1 میزان Fe_e به ۴۹۷/۸ افزایش یافته است. به عبارتی در خاک تحتانی با شوری کمتر میزان آهن بیش‌تر است. همچنین آب ماندگی سبب افزایش میزان ماده آلی خاک شده است. این نتایج با یافته‌های شورتمن و تیلور (۲۴) نیز مطابقت دارد.

در خصوص میزان Fe_e در سایر خاک‌رخ‌ها (شماره ۳ و ۴) آب ماندگی در سطح این خاک‌ها سبب شده است که افق سطحی A

در منطقه غیرشور) و ۶ خاک‌رخ نیز در بخش شمالی عبدالخان در ۵۰ کیلومتری جنوب شرقی شوش (خاک رخ‌های شماره ۱ تا ۶ در منطقه شور) حفر و تشریح گردید. شوری آب زیرزمینی در کلیه آب‌های زیرسطحی اندازه‌گیری شد. نمونه‌برداری از کلیه افق‌های مشخصه خاک‌رخ‌ها صورت گرفت. نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و پس از آماده‌سازی، بافت خاک به روش هیدرومتر (۳) و pH گل اشباع با کمک دستگاه pH متر اندازه‌گیری شد (۲۲). قابلیت هدایت الکتریکی با نسبت ۱:۵ خاک و آب توسط دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی اندازه‌گیری شد (۲۰). کربن آلی با روش اکسایش تر (۱۱)، کربنات کلسیم معادل (CCE) با روش هضم با اسید کلریدریک و تیتراسیون با سود اندازه‌گیری شد. برای تعیین آهن کل (بلوری و نسبتاً بلوری) (Fe_t) از تیمار سیترا-بیکربنات-دیتینونایت سدیم (CBD) و آهن نسبتاً بلوری (Fe_o) از تیمار اکسالات آمونیوم اسیدی استفاده شد. تفاضل مقدار آهن قابل استخراج با دیتینونایت و اکسالات آمونیوم، آهن بلوری خاک (Fe_e) فرض شد (۱۷).

جهت اندازه‌گیری شاخص پایداری خاکدانه از میانگین وزنی قطر خاکدانه (MWD)، از روش کمپور و زینو (۱۳) استفاده شد. برای این منظور، ابتدا ۵۰ گرم از خاکدانه‌های با قطر ۲ تا ۴ میلی‌متر توزین شد. اندازه سری الک‌های مورد استفاده ۲، ۱، ۰/۵ و ۰/۲۵ میلی‌متر بوده و به مدت ۵ دقیقه در آب مقطر حرکت داده شد (روش غرقاب در آب). سپس مقدار ذرات باقی مانده بر روی هر الک پس از خشک شدن در آون (با حرارت ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد) توزین گردید. میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها با استفاده از فرمول $MWD = \sum X_i W_i$ محاسبه گردید. برای مقایسه تأثیر شوری بر آزادسازی و تجمع آهن در ضخامت اکسیداسیون و احیایی خاک، از آزمون آماری T-test مستقل استفاده گردید.

نتایج و بحث

تشریح خاک‌رخ‌ها و ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در خاک

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی افق‌های مشخصه خاک‌رخ‌های شور در جدول ۱ آورده شده است. این خاک‌ها دارای بافت لوم رسی سیلتی تا لوم ماسه‌ای هستند. میزان ماده آلی خاک کم بوده و در محدوده ۰/۷-۰/۱۱ درصد قرار دارد. شوری خاک در نسبت ۱:۵ خاک به آب در منطقه شور در محدوده ۲/۸-۱۶/۸ دسی‌زیمنس بر متر قرار دارد که نشان از شوری بالایی در منطقه دارد. بیشترین شوری مربوط به خاک‌رخ ۵ و کمترین آن به خاک‌رخ ۴ تعلق دارد. میزان کربنات کلسیم معادل در این خاک‌ها در محدوده ۳۸-۴۰ درصد می‌باشد که تفاوت معنی‌داری در نمونه‌ها و افق‌های مختلف ندارد.

همه خاک‌های منطقه شور دارای آب زیرسطحی خیلی شور بودند. این خاک‌ها از لحاظ شرایط پستی بلندی در دو دسته قرار

می‌باشد که می‌تواند به شوری کمتر و میزان رس بیش‌تر این افق مربوط باشد. این نتایج توسط شورتمن و تیلور (۲۴) نیز تایید شده است.

شوری کمتری از سایر افق‌ها داشته و از سویی میزان ماده آلی آن نیز نسبتاً بیش‌تر باشد. در خاک‌رخ شماره ۳ اختلاف سطح و عمق اندک بوده ولی در خاک‌رخ شماره ۴ میزان Fe_e در سطح بیش‌تر از عمق

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌رخ‌های منطقه شور همراه با طبقه‌بندی آن‌ها
Table 1- Some of physical and chemical soils properties with classification for saline region

| CCE % | pH (1:5) | EC (1:5) dS/m | مواد آلی Organic matter % | رس Clay % | سیلت Silt % | شن Sand % | بافت Soil texture | $\frac{Fe_d}{Fe_e}$ | Fe_o mg/kg | Fe_c mg/kg | عمق cm Deep | افق Horizon |
|-----------------------------------------------------------------|----------|---------------|---------------------------|-----------|-------------|-----------|-------------------|---------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| خاک‌رخ ۱: Fine- loamy, mixed, hyperthermic, Typic Haplustepts* | | | | | | | | | | | | |
| Profile 1 | | | | | | | | | | | | |
| 39.3 | 7.9 | 9.8 | 0.4 | 27 | 54 | 19 | SiCL | 1.2 | 753.6 | 502.8 | 0-21 | A |
| 38.7 | 7.4 | 6 | 0.3 | 28 | 53 | 19 | SiCL | 1.4 | 706.6 | 510.1 | 21-39 | Bw |
| 39.2 | 7.7 | 4.2 | 0.2 | 30 | 51 | 19 | SiCL | 1.4 | 789.6 | 530.0 | 39-78 | C1 |
| 38.6 | 7.7 | 2.8 | 0.1 | 29 | 53 | 18 | SiCL | 1.5 | 870.5 | 518.5 | 780-150 | C2 |
| خاک‌رخ ۲: Fine- loamy, mixed, hyperthermic, Typic Ustorthents* | | | | | | | | | | | | |
| Profile 2 | | | | | | | | | | | | |
| 37.9 | 8 | 7.1 | 0.3 | 29 | 52 | 19 | SiCL | 1.24 | 645.8 | 520.4 | 0-16 | A |
| 40.0 | 7.5 | 8.1 | 0.2 | 27 | 54 | 19 | SiCL | 1.29 | 637.3 | 493.2 | 16-70 | C1 |
| 39.1 | 7.9 | 5.1 | 0.1 | 30 | 51 | 19 | SiCL | 1.47 | 780.0 | 530.0 | 70-150 | C2 |
| خاک‌رخ ۳: Fine- loamy, mixed hyperthermic Typic Haplustepts* | | | | | | | | | | | | |
| Profile 3 | | | | | | | | | | | | |
| 38.9 | 7.8 | 4.2 | 0.5 | 22 | 53 | 25 | SiL | 1.49 | 734.2 | 491.0 | 0-20 | A |
| 37.7 | 7.8 | 8.4 | 0.3 | 27 | 54 | 19 | SiCL | 1.35 | 669.2 | 495.5 | 20-24 | Bw |
| 40.1 | 7.9 | 6.4 | 0.3 | 28 | 54 | 19 | SiCL | 1.36 | 685.3 | 503.8 | 44-150 | C1 |
| خاک‌رخ ۴: Coarse- loamy, mixed, hyperthermic Typic Ustorthents* | | | | | | | | | | | | |
| Profile 4 | | | | | | | | | | | | |
| 37.8 | 7.9 | 2.6 | 0.7 | 25 | 52 | 23 | SiL | 1.57 | 830.0 | 528.8 | 0-20 | A |
| 39.5 | 8.3 | 4.9 | 0.3 | 12 | 12 | 76 | SL | 1.47 | 746.5 | 507.4 | 20-50 | C1 |
| 37.8 | 7.8 | 8.2 | 0.2 | 17 | 20 | 63 | SL | 1.40 | 725.8 | 515.1 | 50-150 | C2 |
| خاک‌رخ ۵: Fine- loamy, mixed, hyperthermic Typic Haplustepts* | | | | | | | | | | | | |
| Profile 5 | | | | | | | | | | | | |
| 39.2 | 7.4 | 16.8 | 0.2 | 19 | 51 | 30 | SiL | 1.34 | 618.0 | 458.6 | 0-14 | A |
| 38.9 | 7.4 | 14.9 | 0.2 | 27 | 54 | 19 | SiCL | 1.43 | 661.3 | 460.1 | 14-31 | Bw |
| 40.4 | 7.6 | 8.2 | 0.3 | 27 | 54 | 19 | SiCL | 1.45 | 723.7 | 497.8 | 31-64 | C1 |
| خاک‌رخ ۶: Fine- loamy, mixed, hyperthermic Typic Ustorthents* | | | | | | | | | | | | |
| Profile 6 | | | | | | | | | | | | |
| 38.5 | 7.9 | 7.8 | 0.2 | 20 | 53 | 27 | SiL | 1.11 | 523.0 | 470.4 | 0-17 | A |
| 39.3 | 7.8 | 5.9 | 0.3 | 28 | 53 | 19 | SiCL | 1.62 | 850.0 | 515.9 | 17-60 | C1 |
| 38.8 | 7.8 | 4.8 | 0.3 | 28 | 53 | 19 | SiCL | 1.58 | 817.0 | 516.0 | 60-150 | C2 |

رده‌بندی خاک‌ها بر اساس کلید رده بندی خاک ۲۰۱۰ (Soils classification according to keys to soil taxonomy, 2010).

آهن به شکل اکسالات می‌تواند به آزادسازی آن در اثر شرایط احیایی از کانی‌های حاوی این یون‌ها مربوط گردد که به دلیل شرایط شوری حاد و همچنین اکسیداسیون سریع قادر به تشکیل بلورهای اکسیدهای آهن در این خاک‌ها نمی‌باشد لذا این شکل از آهن در افق‌های عمقی خاک زیادتر از افق‌های رویی است که شرایط احیایی سبب آزاد شدن آهن از این خاک‌ها شده است.

برای اراضی بدون شرایط آب ماندگی در سطح زمین (خاک‌رخ‌های شماره ۱، ۲، ۵، ۶) میزان Fe_e در افق‌های عمقی به مراتب بیش‌تر از افق‌های سطحی می‌باشد. حداکثر این میزان تفاوت، در خاک‌رخ ۶ می‌باشد که در افق A به میزان ۵۲۳ میلی‌گرم در کیلوگرم بوده و در افق C2 (عمقی‌ترین افق خاک) به ۸۱۷ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌رسد که اختلافی در حدود ۲۹۴ میلی‌گرم در کیلوگرم دارند. افزایش میزان

جدول ۲- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و طبقه‌بندی خاک‌های منطقه غیرشور

Table 2- Some physical and chemical parameters and classification of non-saline soils region

| CCE % | pH (1:5) | EC (1:5) dS/m | مواد آلی Organic matter % | رس Clay % | سیلت Silt % | شن Sand % | بافت texture | $\frac{Fe_n}{Fe_c}$ | Fe _o mg/kg | Fe _c mg/kg | عمق cm Deep | افق Horizon |
|---------------------------------------------------------------|----------|---------------|---------------------------|-----------|-------------|-----------|--------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|-------------|
| خاک‌خ ۷: Fine, mixed, hyperthermic, Typic Ustorthents | | | | | | | | | | | | |
| Profile 7 | | | | | | | | | | | | |
| 33.5 | 7.2 | 2.9 | 0.6 | 41 | 41 | 18 | SiC | 0.38 | 246.3 | 636.6 | 0-30 | A |
| 35.4 | 7.1 | 2.5 | 0.5 | 36 | 45 | 19 | SiCL | 0.43 | 256.1 | 595.2 | 30-45 | C |
| خاک‌خ ۸: Fine- loamy, mixed, hyperthermic, Typic Ustorthents | | | | | | | | | | | | |
| Profile 8 | | | | | | | | | | | | |
| 35.2 | 7.7 | 2.4 | 0.4 | 36 | 45 | 19 | SiCL | 0.42 | 252.6 | 598.4 | 0-12 | A |
| 37.6 | 7.8 | 0.7 | 0.3 | 29 | 54 | 17 | SiCL | 0.53 | 278 | 520.8 | 12-38 | C1 |
| 36.4 | 8.0 | 0.8 | 0.3 | 34 | 47 | 19 | SiCL | 0.47 | 276 | 585.3 | 38-98 | C2 |
| خاک‌خ ۹: Fine, mixed, hyperthermic, Typic Ustorthents | | | | | | | | | | | | |
| Profile 9 | | | | | | | | | | | | |
| 32.4 | 7.6 | 3.6 | 0.4 | 42 | 41 | 17 | SiC | 0.36 | 248.1 | 685.5 | 0-20 | A |
| 35.6 | 7.6 | 2.3 | 0.3 | 41 | 41 | 18 | SiC | 0.39 | 243.6 | 624.2 | 20-71 | C1 |
| 37.2 | 7.7 | 1.5 | 0.4 | 33 | 49 | 18 | SiCL | 0.45 | 263.7 | 680.6 | 71-96 | C2 |
| 38.1 | 7.8 | 0.9 | 0.2 | 35 | 46 | 19 | SiCL | 0.44 | 262.6 | 590 | 96-150 | C3 |
| خاک‌خ ۱۰: Fine- loamy, mixed, hyperthermic, Typic Ustorthents | | | | | | | | | | | | |
| Profile 10 | | | | | | | | | | | | |
| 36.2 | 7.8 | 0.5 | 0.4 | 31 | 51 | 18 | SiCL | 0.49 | 283.1 | 566.6 | 0-17 | A |
| 37.3 | 8.6 | 0.3 | 0.3 | 32 | 50 | 18 | SiCL | 0.47 | 271 | 574.6 | 17-50 | C1 |
| 36.4 | 8.2 | 0.2 | 0.2 | 31 | 51 | 18 | SiCL | 0.49 | 282.2 | 565 | 50-90 | C2 |
| خاک‌خ ۱۱: Fine- loamy, mixed, hyperthermic, Typic Haplustepts | | | | | | | | | | | | |
| Profile 11 | | | | | | | | | | | | |
| 35.0 | 7.6 | 0.2 | 0.3 | 38 | 44 | 18 | SiCL | 0.46 | 286.7 | 612.5 | 0-17 | A |
| 37.1 | 7.7 | 0.2 | 0.3 | 43 | 41 | 16 | SiC | 0.34 | 243.2 | 702.2 | 17-50 | Bw |
| 36.4 | 7.8 | 0.4 | 0.1 | 32 | 50 | 18 | SiCL | 0.48 | 276.8 | 572.1 | 50-150 | C |
| خاک‌خ ۱۲: Fine- loamy, mixed, hyperthermic, Typic Haplustepts | | | | | | | | | | | | |
| Profile 12 | | | | | | | | | | | | |
| 36.3 | 8.1 | 0.8 | 0.4 | 30 | 51 | 19 | SiCL | 0.56 | 302.5 | 534 | 0-20 | A |
| 37.2 | 7.9 | 0.2 | 0.2 | 35 | 47 | 18 | SiCL | 0.46 | 273.3 | 587.5 | 20-37 | Bw |
| 36.4 | 8.1 | 0.2 | 0.2 | 30 | 52 | 18 | SiCL | 0.50 | 270.2 | 540.3 | 37-150 | C |

رده‌بندی خاک‌ها بر اساس کلید رده بندی خاک ۲۰۱۰ (Soils classification according to, keys to soil taxonomy, 2010)

آهن غیربلوری یا Fe_0 می‌باشد. نتیجه دیگر آن است که به استثنای خاک‌های شماره ۷ و ۸ میزان آهن Fe_0 در سطح بیش از همین شکل آهن در عمق می‌باشد. خاک‌های ۷ و ۸ از ضخامت نسبی کمتری نسبت به دو خاک دیگر برخوردار می‌باشند که همین امر سبب شده است که بین سطح و عمق این دو خاک تفاوت کمتر باشد. همچنین در این اراضی نسبت آهن غیربلوری به بلوری به کمتر از ۳۰٪ میزان آن در خاک‌های شور بالغ می‌گردد. به عبارتی این نسبت به شدت کاهش یافته است.

بیشترین میزان Fe_0 در خاک شماره ۱۱ و به میزان ۷۰۲/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بالغ می‌گردد. این میزان زیاد در افق Bw می‌تواند به تجمع آهن احیایی ناشی از خیزم‌بینگی از عمق و تجمع آن در افق زیرسطحی مربوط باشد. فرآیند خیزم‌بینگی در اراضی مناطق شور و غیرشور عامل اصلی بالا آمدن سطح آب زیرسطحی است که در اثر کاهش پتانسیل آب از سطح به عمق (در اثر تبخیر سطحی) تشدید می‌گردد.

در ارزیابی درجه تکامل خاک از نسبت Fe_0/Fe_c استفاده می‌شود. در مراحل اولیه تکامل خاک، میزان آهن عصاره‌گیری شده با تیمار اکسالات از میزان آهن بلوری بیشتر بوده و موجب می‌شود که نسبت Fe_0/Fe_c افزایش یابد. لذا با توجه به اینکه روند تکاملی در خاک‌های شور به دلیل عدم امکان فعالیت موجودات زنده کمتر از منطقه غیرشور می‌باشد، نشان دهنده تکامل بیشتر خاک‌های منطقه غیرشور است. بالاتر بودن این نسبت می‌تواند به علت حضور ماده آلی و رطوبت بالاتر و زمان کمتر تبلور باشد که با نتایج هوانگ و همکاران (۱۰) مطابقت دارد.

همچنین نتایج نشان داد با افزایش سن خاک، انجام عملیات کشت و کار و مقدار رس این نسبت کوچک‌تر می‌شود. نتایج حاصل از این مطالعه نشان از تکامل بیشتر خاک‌های منطقه غیرشور دارد. بیشترین مقدار این نسبت در منطقه شور ۱/۶ و کمترین آن نیز با مقدار ۰/۳۴ در منطقه غیرشور ملاحظه شد که نشان از قدمت بیشتر فعالیت‌های خاکساز و هواپدگی در منطقه غیرشور و در نتیجه تکامل بیشتر این خاک‌ها دارد. این منطقه بخشی از شهرستان شوش می‌باشد که از خواستگاه‌های اولیه تمدن بشر در بین‌النهرین بوده و آثار باستانی این منطقه، قدمت این تمدن و کشت و کار در آن را به بیش از ۷۰۰۰ سال قبل می‌رساند.

در جدول ۳ نتایج تحلیل آماری برای مقایسه میزان آهن بلوری و بی‌شکل در نمونه‌ها با آزمون (T-test) نشان داده شده است.

در اراضی با شرایط آب ماندگی (خاک‌های ۳ و ۴) بر عکس خاک‌های سری اول، میزان Fe_0 در سطح بیش‌تر از عمق می‌باشد که به احیا بیش‌تر در این بخش از خاک نسبت به بخش‌های عمقی‌تر مربوط می‌گردد. در خاک ۴ میزان Fe_0 در افق A از ۸۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم به ۷۲۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم در افق‌های C2 کاهش یافته است. به عبارتی با تغییر شرایط احیایی در این بخش از اراضی از سطح به عمق، شاهد تغییر روند اکسیداسیون و احیا در این بخش از خاک می‌باشیم.

تغییرات نسبت Fe_0/Fe_c نیز نشان از تفاوت در میزان این نسبت در دو سری از خاک‌های مورد مطالعه دارد. در خاک‌هایی که اشباع خاک از عمق به سطح بوده است (خاک‌های ۱، ۲، ۵ و ۶) این نسبت مشابه با روند تشریح شده در تغییرات میزان Fe_0 و Fe_c از سطح به عمق رو به فزونی است. در حالی که برای خاک‌های سری ب (۳ و ۴) این نسبت از سطح به عمق رو به کاهش است که می‌تواند به شرایط تشریح شده در خصوص تغییرات شوری، شرایط احیایی خاک و تغییر میزان ماده آلی خاک مربوط گردد.

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک خاک‌های غیرشور در جدول ۲ آورده شده است.

خاک‌های منطقه غیرشور، در مجاور شهرستان شوش می‌باشد که یکی از قطب‌های کشاورزی استان است، شوری در این اراضی کمتر از ۳dS/m (به استثناء افق A خاک ۹) می‌باشد. pH به واسطه وجود آهک زیاد، قلیایی می‌باشد. خاک‌ها در راسته‌های انتی سولز و اینسپتی سولز قرار داشته و از تکامل زیادی برخوردار نمی‌باشند. میزان ماده آلی خاک در افق‌های سطحی در محدوده ۰/۸-۰/۳ درصد و در افق‌های زیرین به ۰/۳-۰/۱ درصد کاهش می‌یابد. علی‌رغم شوری نسبتاً کم خاک و آبیاری و کشت و کار برای ۲ بار در طول سال در این اراضی، میزان کم ماده آلی خاک را می‌توان به دمای زیاد خاک، چرای بیش‌ازحد و آتش زدن بقایای پس از برداشت، نسبت داد. بافت خاک‌ها در محدوده لوم رسی تا لوم رسی سیلتی است. میزان کربنات کلسیم معادل در این خاک‌ها در برخی از افق‌های سطحی کمی کمتر از زیرسطحی است ولی تفاوت چندانی با همدیگر یا خاک‌های شور ندارد لذا از بررسی اثرات آهک بر جذب یا تشکیل اشکال آهن خودداری شد.

همچنین خاک‌های شماره ۷، ۸ و ۱۰ بر روی بستر سنگی کنگلومرایی قرار داشتند. مقادیر آهن Fe_0 در سطح با عمق تفاوت چندانی نداشت. برخلاف آنچه در مورد خاک‌های منطقه شور بیان شد میزان آهن بلورین یا Fe_c در خاک‌های غیرشور به مراتب بیش‌تر از

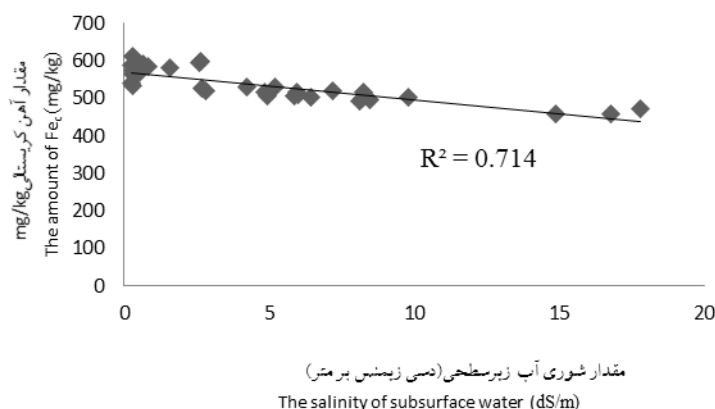
جدول ۳- آزمون T-test برای مقایسه شکل‌های مختلف آهن در مناطق شور و غیرشور
Table 3- The T-test for comparison of of different iron forms in saline and non-saline regions

| سطح احتمال probability level | آزمون T T test | درجه آزادی Degrees of freedom | انحراف معیار Standard deviation | میانگین Average | تعداد نمونه Number of sample | منطقه region | نوع آهن kind of iron |
|------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|--------------------|------------------------------------|-----------------------|----------------------------|
| 0.001** | -7.42 | 22.893 | 20.86 | 503 | 20 | شور Saline | Fe _c |
| | | | 47.12 | 592 | 18 | غیر شور Non-saline | |
| 0.001** | 24.45 | 20.752 | 81.88 | 725 | 20 | شور Saline | Fe _o |
| | | | 12.70 | 267 | 18 | غیر شور Non-saline | |

** : معنی‌داری در سطح یک درصد در سطح ۱٪

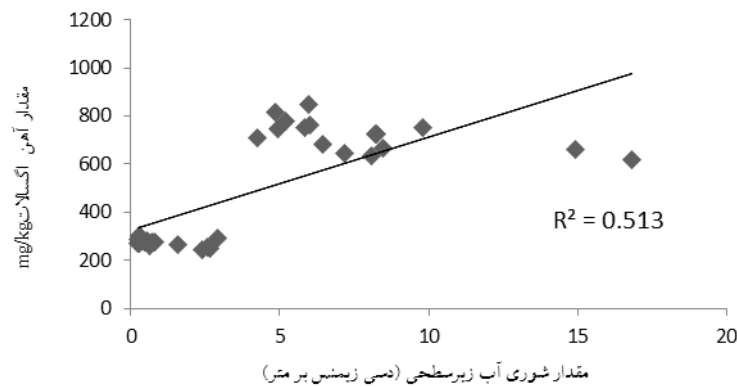
بر تبلور آهن می‌باشد. همچنین تفاوت زیادی در غلظت آهن در امتداد عمودی خاک‌رخ‌های مورد مطالعه ملاحظه شد که به نوسانهای فصلی سطح آب زیرسطحی مربوط می‌باشد. آهن در درون خاک با زهکشی محدود، به طور معمول در طی فرایندهای تر و خشک شدن در قسمت زیرین خاک تجمع می‌یابد. توزیع عمودی آهن اگزالات با افزایش عمق تقریباً کاهش می‌یابد. حضور مقدار بیشتری از ماده آلی در سطح خاک برخی خاک‌رخ‌ها و افزایش آهن قابل‌استخراج با اکسالات آمونیم نشان می‌دهد که این نوع آهن در پیوند با ماده آلی به‌خصوص در افق Ap است (۲۱).

این نتایج نشان داد که در دو خاک شور و غیرشور، تفاوت آماری معنی‌داری در سطح ۱٪ بین میزان آهن بلوری و بی‌شکل وجود دارد. در منطقه شور، مقدار آهن بی‌شکل بیشتر است. این افزایش را می‌توان به آزاد شدن سریع ترکیبات آهن در اثر تلاطم آب زیرسطحی در اثر فعالیت بیشتر موجودات زنده در این خاک‌ها نسبت داد که در طول دوره کوتاهی از سال رخ می‌دهد. مقدار آهن بلوری در منطقه غیرشور بیشتر از منطقه شور است که احتمالاً به دلیل وجود شوری زیاد به‌ویژه یون کلر در منطقه شور می‌باشد که مانع از تبدیل آهن به شکل بلوری می‌شود. شرایط شور و سدیمی تأثیر مثبتی بر تجمع آهن و تشکیل رنگدانه‌ها دارد. میزان شوری و تأثیر آن بسته به ساختمان، بافت خاک، EC و زهکشی متفاوت است. در این دو منطقه تفاوت معنی‌داری بین بلوری شدن وجود دارد که نشان از اثرات شدید شوری



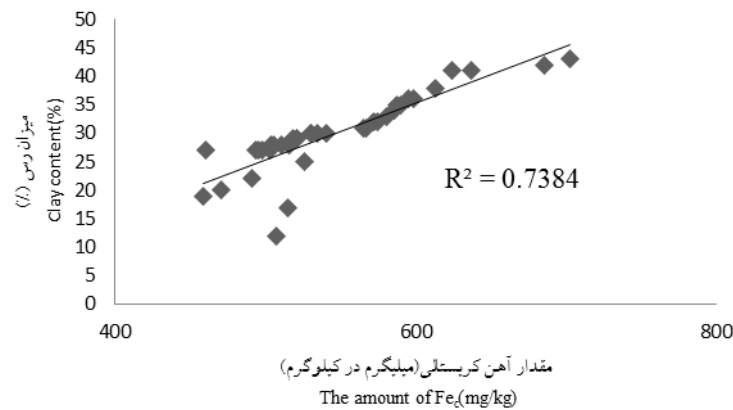
شکل ۱- همبستگی بین شوری و مقدار Fe_c

Figure 1-Correlation between salinity and the amount of Fe_c



شکل ۲- ضریب همبستگی بین شوری و مقدار Fe_o

Figure 2-Correlation between salinity and the amount of Fe_o



شکل ۳- همبستگی بین Fe_c و میزان رس خاک در کلیه نمونه‌ها

Figure 3- The correlation between the amounts of clay and Fe_c in all samples

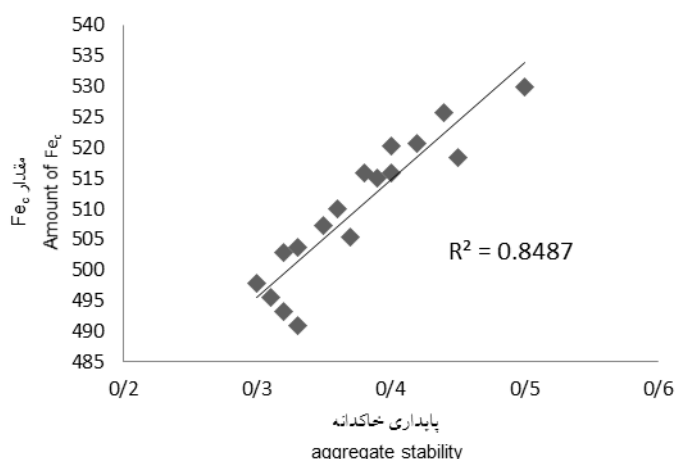
تشکیل بلور داشته و می‌تواند همراه رس‌ها به افق‌های پائین نیز منتقل شود. مقدار رس در منطقه غیرشور بیشتر از منطقه شور بود. ضریب همبستگی بین مقدار رس و Fe_c ($R^2=0.7$) بود. موقعیت نادرل‌های اکسیدهای آهن که بیشتر در اطراف حفرات به فاصله کمی از آن‌ها در تشریح صحرائی ملاحظه شد، نشانگر آن است که شرایط اکسیدی درون خاکدانه‌ها، باعث انتقال آهن به بخش بیرونی یا خلل و فرج درشت شده و شرایط احیایی درون ماتریکس خاک، سبب تحرک آهن از درون خاک به بخش‌های سطحی خلل و فرج درشت و رسوب آن‌ها شده است. این پدیده در طی دوره‌های زیادی از سال سبب ایجاد رنگ‌دانه‌های قابل ملاحظه در تشریح صحرائی خاک شده است.

تأثیر مقدار آهن بلوری بر پایداری خاکدانه‌ها

در شکل ۴ تأثیر مقدار آهن بلوری بر پایداری خاکدانه نشان داده شده است.

رابطه شوری آب زیرسطحی و اشکال آهن خاک وجود ضریب همبستگی بالا ($R^2=0.7$) بین میزان شوری آب زیرسطحی و خاک و Fe_c (شکل ۱) نشان می‌دهد که هرچه مقدار شوری بیشتر گردد، مقدار Fe_c کمتر شده است. همچنین مقدار Fe_o با افزایش شوری بیشتر شده است که رابطه آن با ضریب همبستگی بالایی بین Fe_o و شوری ($R^2=0.51$) در نمودار ۲ نشان داده شده است. برخلاف نتایج نمودار ۱، در نمودار ۲ با افزایش میزان شوری آب زیرسطحی بر میزان آهن اکسالاتی افزوده شده است. در نمودار ۳ رابطه بین مقدار رس و آهن بلوری نشان داده شده است.

همان‌گونه که در نمودار ۳ نشان داده شده است با افزایش میزان رس، میزان آهن بلوری نیز افزایش یافته است که می‌توان آن را به جذب سطحی آهن توسط رس‌ها نسبت داد. میرابلا و کارسینلی (۱۶) بیان کردند هماتیت و گئوتایت تمایل زیادی به ارتباط با ذرات رس و



شکل ۴- همبستگی بین مقدار آهن بلوری و پایداری خاکدانه
 Figure 4. Effect of crystalline iron on aggregate stability

سطح خاک بوده و یا در عمق خاک، متفاوت است. در اراضی شور با اشباع آب در سطح، میزان Fe_o در سطح بیش‌تر از عمق بود در حالی که در اشباع عمقی روند برعکس بود. میزان Fe_o در خاک‌های شور به مراتب بیش‌تر از خاک‌های غیرشور بود. هم‌چنین میزان Fe_c در خاک‌های شور و غیرشور تفاوت چندانی نداشت. نسبت Fe_o/Fe_c در خاک‌های شور تقریباً بین ۴ تا ۵ برابر خاک‌های غیرشور بود که این امر در اثر کاهش میزان Fe_o در خاک‌های غیرشور می‌باشد. افزایش نسبت Fe_o/Fe_c در خاک‌های شور و کاهش آن در خاک‌های غیرشور نشان از تکامل بیش‌تر خاک‌های غیرشور داشت. شوری سبب کاهش میزان Fe_c و افزایش میزان Fe_o در خاک شده بود. اثرات ماده آلی در افزایش میزان آهن در اشکال Fe_o و Fe_c در خاک‌های غیرشور به مراتب بیش‌تر از خاک‌های شور بود. با افزایش میزان رس خاک در افق‌ها، میزان Fe_c نیز در خاک افزایش یافت که این امر سبب افزایش میزان رنگدانه‌ها و تجمع آهن در مناطق غیرشور به میزان بیشتر شده بود.

همچنانکه ملاحظه می‌شود با افزایش مقدار آهن بلوری، پایداری خاکدانه افزایش یافته است ($R^2 = 0.85$). اکسیدهای آهن در خاک سبب افزایش جذب مواد آلی بر روی سطوح ذرات خاک شده و یا به دلیل بار الکتریکی غیرهمنام خود با رس‌ها، اتصال الکتریکی بین بارهای مثبت اکسیدها و بار منفی کانی‌های خاک را ممکن می‌سازند و با ایجاد پوششی از این ترکیبات بر روی سطح کانی‌ها مانند پلی بین ذرات اولیه و ثانویه خاک عمل نموده و سبب اتصال ذرات خاک به همدیگر می‌شود. با توجه به وجود ماده آلی کم در خاک‌های خوزستان و همچنین سیستم‌های سنتی خاک‌ورزی، پایداری خاکدانه‌ها کم بوده و عملیات کشاورزی موجب شکسته شدن خاکدانه‌ها می‌شود. با این وجود هرچه میزان آهن بلوری در خاک بیشتر شده، پایداری خاکدانه افزایش یافته است که نشان از تأثیر این عامل در بهبود پایداری خاکدانه‌ها دارد.

نتیجه‌گیری کلی

میزان Fe_o در خاک‌های شور بسته به اینکه اشباع خاک از آب در

منابع

- 1- Akef M., Mahmoodi S., Eghbal K.M., and Sarmadian F. 2003. Studying the changes of physicochemical and micro morphological characteristics of soils in converted natural forests to paddy soils in Fouman at region in Guilan province. Iran Natural Resources, 56(4): 407-423. (in Persian with English abstract)
- 2- Barthes B., Kouakoua E., Larré-Larrouy M.C., Razafimbelo T., De Luca E., and Azontonde, A. 2008. Texture and sesquioxide effects on water-stable aggregates and organic matter in some tropical soils. Geoderma, 143: 14-25.
- 3- Bouyoucos G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. Agronomy Journal, 54: 464-465.
- 4- Costantini E.A.C., Pellegrini S., Vignozzi N., and Barbetti R. 2006. Micromorphological characterization and monitoring of internal drainage in soils of vineyard and olive groves in central Italy. Geoderma, 131: 388-403.
- 5- Fanning D.S., and Fanning M.C.B. 1989. Soil morphology, genesis and classification. John Wiley and Sons, P: 110-

125.

- 6- Cornell R. M., and Schwertmann U. 2003. The iron oxides: Structure, Properties, Reaction, Occurrence and uses. 2nd Ed. VCH, Weinheim, Germany.
- 7- Gotic M., and Music S. 2007. Mossbauer, FT-IR and Fe SEM investigation of iron oxides precipitated from FeSO₄ solutions. *Journal of Molecular Structure*, 834-836.
- 8- He Y., Vepraskas M.J. Lindbo D.L., and Skaggs R.W. 2003. A method to predict soil saturation frequency and duration from soil color. *Soil Science Society American Journal*, 67: 961-969.
- 9- Hassannezhad H., Pashaee A., Khormali F., and Mohammadian, M. 2008. Morphology and micromorphology of paddy soils under different soil moisture regime and ground water table in Mazandaran Province, Northern Iran. *International Journal Soil Science*, 3(3): 149-156. (in Persian with English abstract)
- 10- Huang L., Hong J. Tan W., Hu H., Liu F., and Wang M. 2008. Characteristics of micromorphology and element distribution of iron-manganese cutan in typical soils of central china. *Geoderma*, 146:40-47.
- 11- Jackson M.L. 1975. Soil chemical analysis advanced course. University of Wisconsin, College of Agriculture. Dept. of Soils, Madison, Wisconsin.
- 12- Jien S.H., Hsue Z.Y., and Chen Z.S. 2004. Relations between morphological color index and soil wetness condition of anthrax aquatic soils in Taiwan. *Soil Science*, 169:871-882.
- 13- Kemper W.D., and Rosenau K. 1986. Size distribution of aggregates. P. 425- 442. In Klute, A. (ed.), *Methods of Soil Analysis*, Part 1. USA, Madison, Wisconsin.
- 14- Lair G.J., Hrachowitz M., Franz N., Maringer F.J., and Gerzabek M.H. 2009. Dating of soil layers in a young floodplain using iron oxide crystallinity. *Quaternary Geochronology*, 4: 260-266.
- 15- Mbagwu J. 2003. Aggregate stability and soil degradation in the tropics. *Geoderma*, 3-21.
- 16- Mirabella A., and Carnicelli S. 2003. Iron oxide mineralogy in red and brown soils developed on calcareous rocks in central Italy. *Geoderma*, 55: 95-109.
- 17- Munch J.C., and Ottow J.C.G. 1983. Reductive transformation mechanism of ferric oxides in hydromorphic soils. *Environment Biogeochem Ecological Bulletins*, 35:383-394.
- 18- Norvel W.A., and Lindsay W.L. 1982. Estimation of iron (III) solubility from EDTA chelate equilibria in soil. *Soil Science Society American Journal*, 46:710-715.
- 19- Oguniola O.A., Omueti J.A., Olade O., and Udo E.J. 1989. Free oxide status and distribution in soils overlying limestone areas in Nigeria. *Soil Science-Red Soils under Mediterranean Type of Climate: Their Properties Use and Productivity*. Soil Science Society American Journal, 147: 245-251.
- 20- Page A.L., Miller R.H., and Keeney D.R. 1982. *Methods of soil analysis*. p. 1159. Part2. 2nd Ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA. Madison, WI.
- 21- Rezapour S., Jafarzadeh A.A., Samadi A. and Oustan S., 2010. Distribution of iron oxides forms on transect of calcareous soils, Northwest of Iran. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 56:165-182. (in Persian with English abstract)
- 22- Ritvo G., Avnimelech Y., and Kochba M. 2003. Empirical relationship between conventionally determined pH and insitu values in waterlogged soils, *Aquaculture engineering*, Elsevier, 27:1-8.
- 23- Samandi A. M. 2011. Vegetation effect on pedogenetic forms of iron and aluminium and mineralogical properties of basaltic soil in the southern guinea savanna of Nigeria. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 5(1): 139 – 148.
- 24- Schwertmann U., and Taylor A.M. 1989. Iron oxides. p: 379 -438. In: Dixon J.B., and Weed S.B. (Eds). *Minerals in soil environments*. ASA and SSSA, Madison, Wisconsin.
- 25- Seta A., and Karathanasis A. 1996. Water dispersible colloids and factors influencing their dispersibility from soil aggregates. *Geoderma*, 74: 255-266.
- 26- Shao-Shan A., Yi-Mei H., Fen-Li Z., and Jian-Guo Y. 2008. Aggregate characteristics during natural revegetation on the Loess Plateau. *Soil Science Society of China*, 18(6): 809-816.
- 27- Sharma B.M., and Yadava J.S.P. 1986. Leaching losses of iron and manganese during reclamation of alkali Soil. *Soil Science*, 142(3).
- 28- Sherman G.D., Matsusaka Y., Ikawa H., and Uehara G. 1964. The role of amorphous fraction in the properties of tropical soils. *Agrochemical*. 7: 164-163.
- 29- Six J., Conant R., Paul E., and Paustian K. 2002. Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. *Plant and Soil*, 24 (155-176).
- 30- Stonehouse H. B., and Arnaud R. J. St. 1971. Distribution of iron, clay and extractable iron and aluminum in some Skatchewan soils. *Canadian of Journal Soil Science*, 51: 283-292.
- 31- Stoops G., and Eswaran H. 1985. Morphological characteristics of wet soils. P. 177-189 In: *Wetland soils: Characterization, classification, and utilization*. Los Banos, Philippines.
- 32- Torabi Golsefidhi H., Eghbal K.M., and Givi J. 2000. Iron oxide coating characteristics on root surface in the East of Guilan Province, Northern Iran. *Journal Soil and Water Science*, 14: 121-129. (in Persian with English abstract)

- 33-Torabi Golsefidi H. 2001. Genesis, classification and suitability evaluation of wetland soils for rice cultivation on different landforms in Guilan Province, Northern Iran. Isfahan University of Technology, College of Agriculture. Ph.D. Thesis, 485p.
- 34-Torabi Golsefidi H., Eghbal K.M., and Givi J. 2003. Morphology and Micromorphology of Paddy Soils on different landforms in Guilan Province, Northern Iran. P. 119-121. Article collections of 8th Iranian Soil Science congress. Rasht, Iran
- 35-Verheye W., 1973. Formation, classification and land evaluation of soils in mediterranean areas. University of Gent, 122pp.
- 36-Zeng-Yei H., and Zeng-Sang C. 2001. Quantifying soil hydromorphology of a Rice-growing Ultisol toposequence in Taiwan. Soil Science Society American Journal, 65:270-278.

The Effect of Water Table Fluctuation and its Salinity on Fe Crystal and Noncrystal in some Khuzestan Soils

M. Pajohannia¹ - M. Chorom² - S. Jafari^{3*}

Received: 09-06-2014

Accepted: 11-04-2016

Introduction: Iron is found in different forms in the soil. In the primary minerals, iron is found as Fe^{3+} or Fe^{2+} which converted to Fe^{2+} and released in unsuitable reduction conditions. Minerals such as sulfide or chlorine and bicarbonate can affect and change the different forms soil Fe. FeAs these elements are abundance in groundwater or soil, they are capable to react chemically with Fe and change different Fe forms and also may deposit or even leach them by increasing its solubility in the soil. Water table fluctuation is a regular phenomenon in Khuzestan that Fe forms change under these situations. The study of Fe oxide forms and its changes can be applied for evaluation of soil development. Therefore, the aim of this study is the water table fluctuation and its quality effects, and some physio-chemical properties on Fe oxides forms in non-saline and saline soils in Khuzestan.

Materials and Methods: Soil samples were collected from two regions: saline (Abdolkhan) and non-saline (South Susa) regions. soil samples were collected from all horizons of 12 soil field studied profiles. The samples were analyzed for soil texture, pH, EC (soil: water ratio 1:5), organic carbon and aggregate stability (Kemper and Rosenau method). Fe forms also were extracted by two methods in all samples: di-tyonite sodium and ammonium oxalate extraction. Fe oxalate extracted was related to Fe_o (non crystal Fe) and Fe_d-Fe_o was related to Fe_c (crystalline Fe). The Fe content were determined by atomic absorption spectrophotometer (AAS). Data were analysis in SAS and Excel software and results were presented.

Results and Discussion: The results showed that texture were loamy sand to silty clay loam, OM was very poor (0.1-0.7%). The soil salinity was also 2.8-16.8 dS/m. Calcium carbonate equivalent was 38-40%. All pedons were classified in Entisols and Inceptisols according to Keys to soil taxonomy (2010). The results showed that the proportion of Fe with oxalate to di-tionite treatments was different regarding the salinity, texture, organic matters, cultivation and the water table fluctuation. The total Fe content in the middle layers had permanently increased due to the groundwater fluctuation levels and this caused the creation of mottle in this layer. All saline soils had saline subsurface water. The salinity has caused that the effective microorganisms have not been actived on the reduction processes in some profiles and the Fe deposit more in the Fe^{3+} forms. The Fe was found more in non-crystal form in saline regions, but it was in the crystal form in non-saline regions which indicated the suitable conditions for Fe's nodule formation. For example, when soil salinity decreased from 14.9 to 8.1 dS/m, Fe_c increased from 460.1 to 497.8 mg/kg soil. With increasing the amount of clay, and cultivation periods, the Fe_d content has also been increased. The Fe_o/Fe_c ratio in undeveloped soils was higher than developed soils. This ratio was low in non-saline soil and was high for saline soil. this indicates that non-saline soil had more development than saline soils. The maximum amount (1.6) was belonged to saline soil and minimum was for no saline soils. With increasing in soil age, tillage periods and clay content this ratio was decreased., statistical analysis Also showed that there was significant difference between Fe_c and Fe_o in saline and no saline soils. Also, with increasing in salinity, Fe_c content decreased and Fe_o increased. aggregate stability was also increased with increasing Fe_c content.

Conclusions: The Fe_o content was more in surface of saline soil than subsurface when pedon was ponded and saturated from surface. Fe_o was very higher in saline soils than no saline soils. Fe_c had not significant difference between saline and nonsaline soils. Salinity decreased Fe_c and increased Fe_o content in soils. Fe_o/Fe_c ratio of saline soils was 4 to 5 times fold of non-saline soils. Increasing Fe_o/Fe_c ratio in saline soils and decreasing in this ratio in nonsaline soil showed that nonsaline soils had more development than saline soils. Organic matter was more effective in Fe_o and Fe_c contents in nonsaline soil than saline soils. Also, Fe_c content increased with increasing clay content in all horizons that this shows that mottling and more Fe concentration in nonsaline soils.

Keywords: Fe Crystal, Mottle, Salinity, Subsurface Water

1 and 2- Graduated student and Profesour of soil Science, Shahid Chamran University of Ahwaz

3-Associate professor, Ramin agriculture and Natural Resources University of Khuzestan

(*-Corresponding Author Email: siroosjafari@yahoo.com)