

## تأثیر پودر اکسید ضایعاتی حاصل از فرآیند اسیدشویی فولاد بر غلظت بعضی عناصر کم مصرف و پ.هاش خاک

مجید فروهر، محمود کلباسی و حسین شریعتمداری<sup>\*۱</sup>

### چکیده

به منظور بررسی اثر پودر اکسید آهن ضایعاتی حاصل از فرآیند اسیدشویی فولاد بر غلظت بعضی عناصر کم مصرف و پ هاش خاک پژوهشی با سه نوع خاک آهکی و هشت تیمار در سه تکرار بصورت طرح کاملاً تصادفی در قالب آزمایش فاکتوریل انجام شد. تیمارها شامل سطوح مختلفی از پودر اکسید آهن ضایعاتی، مخلوطی از پودر اکسید آهن ضایعاتی با ماده آلی و گوگرد عنصری و گوگرد عنصری و ماده آلی به تنهایی بود. نتایج این تحقیق نشان داد که پودر اکسید آهن ضایعاتی قابلیت کاهش pH خاک و افزایش مقدار آهن قابل استخراج با EDTA را داشته و مقدار کاهش pH یا افزایش آهن متناسب با مقادیر مصرفی این پودر بود. افزودن مواد آلی تازه به این پودر باعث افزایش بیشتری در مقدار آهن قابل استخراج با EDTA شد. غلظت آهن و منگنز در تیمارهای پودر اکسیدی با گذشت زمان یک روند نزولی داشت. مصرف گوگرد عنصری اگرچه کاهش pH و افزایش کمی در مقدار قابل عصاره گیری منگنز را موجب شد ولی بر مقدار آهن تأثیری نداشت.

واژه‌های کلیدی: pH خاک، پودر اکسید آهن، عناصر کم مصرف، خاک آهکی، گوگرد

<sup>۱</sup> به ترتیب کارشناس ارشد بخش تحقیقات خاک و آب خراسان، استاد و استادیار دانشگاه صنعتی اصفهان

\* وصول: ۸۰/۳/۲۸ و تصویب: ۸۱/۱۱/۲۴

## مقدمه

توانست با محلولپاشی سولفات فرو این اختلال را در چندین گونه گیاهی کنترل کند. استفاده از نمکهای معدنی آهن، مواد اصلاحی اسیدزا، زباله‌ها و تولیدات جنبی صنایع، کلاتهای آهن، ترکیبات آلی (Hogstrom, ۱۹۸۴)، پودر خون (اجرایی، ۱۳۷۸؛ شریعتمداری، ۱۳۶۹) و پودر خون غنی شده با سولفات آهن (اجرایی، ۱۳۷۸) از جمله روشهای دیگری هستند که تاکنون مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

اگرچه استفاده از کلاتهای مصنوعی آهن موثرترین روش برای درمان کلروز آهن شناخته شده است (Motvedt, ۱۹۸۶) ولی به علت گران بودن این کلاتها استفاده از آنها در بسیاری از موارد مقرون به صرفه نیست (کلباسی، ۱۳۷۴). به همین جهت تحقیق برای جایگزین کردن منابع دیگری به جای کلاتهای مصنوعی آهن ضروری است. در همین راستا پژوهشی با هدف بررسی اثر پودر اکسید آهن ضایعاتی حاصل از فرایند اسیدشویی فولاد (که از ضایعات مجتمع فولاد مبارکه می‌باشد) بر pH خاک و مقدار آهن، منگنز، روی و مس قابل عصاره گیری با EDTA انجام شد.

## مواد و روشها

### مشخصات پودر اکسید آهن ضایعاتی

در فرایند اسیدشویی فولاد برای زودن ناهمواری‌ها و پوسته‌های موجود در سطح ورقه‌های فولاد و صاف و صیقلی کردن آنها، این ورقه‌ها را با اسید شستشو می‌دهند. اسید مذکور ناخالصی‌ها و از جمله پوسته‌های سطح ورقه‌های فولاد را در خود حل می‌کند که پس از جمع آوری به آن حرارت می‌دهند. بر اثر حرارت، اسید تخییر شده و پودر قرمز رنگ و بسیار نرمی برجای می‌ماند که پودر اکسید آهن ضایعاتی نامیده می‌شود و به اختصار به آن پودر اکسیدی می‌گوئیم. نتایج تجزیه شیمیایی این پودر که بوسیله آزمایشگاه مرکزی شرکت فولاد مبارکه انجام شده نشان می‌دهد که حدود ۹۶/۵ درصد این ترکیب را اکسیدهای آهن و بقیه را عناصر دیگر تشکیل می‌دهند. غلظت عناصر سنگین آلودکننده نظیر کروم و سرب در این ترکیب بسیار ناچیز است. pH اندازه‌گیری شده در سوسپانسیون ۱۰۰ گرم در لیتر پودر اکسیدی و آب مقطر برابر با ۲/۴ می‌باشد. در مطالعه این پودر بوسیله پراش پرتو ایکس، هماتیت بعنوان کانی غالب تشخیص داده شد. اندازه ذرات این پودر نیز کمتر از ۱۰ مش بوده و ۷۲ درصد ذرات قطری بین ۰/۰۲ تا ۰/۰۳۳ میلی‌متر داشتند.

### مشخصات نمونه‌های خاک

خاکهای مورد آزمایش در این تحقیق مربوط به نواحی اصغرآباد، گلشهر و دیزیچه از منطقه اصفهان بودند

آهن فراوانترین عنصر در زمین و چهارمین عنصر در پوسته جامد زمین پس از اکسیژن، سیلیسیم و آلومینیوم می‌باشد (Bindra, ۱۹۸۳؛ Lindsay, ۱۹۹۲). همچنین اولین عنصر غذایی کم مصرفی است که ضرورت آن برای رشد گیاهان به اثبات رسیده است (Hills, ۱۹۹۵). میانگین مقدار آن در پوسته جامد زمین حدود ۵ درصد وزنی (کلباسی، ۱۷۴) و در خاکها بین ۰/۷ تا ۵۵ درصد (Barber, ۱۹۹۵؛ Lindsay, ۱۹۹۲) می‌باشد. تحرک آهن در خاک بیشتر از طریق کلات سازی و پخش صورت می‌گیرد. لذا انتظار می‌رود در خاکهای مناطق خشک (که مواد آلی بسیار کم و پدیده انتقال به وسیله کلاتها عملاً ناچیز است) بیشترین مقادیر آهن در لایه‌های سطحی خاک وجود داشته باشد (Bindra, ۱۹۸۳). حالیت آهن در خاکها تحت تاثیر عوامل متعددی است که نوع اکسیدهای ثانویه آهن مهمترین آنهاست. گونه غالب آهن در pH های بین ۷/۴ تا ۸/۵  $Fe(OH)_3$  با غلظت  $10^{-10}$  مولار می‌باشد (Schwab و Lindsay, ۱۹۸۲). که نسبت به سطح بحرانی تعیین شده بوسیله Lindsay و Schwab (۱۹۸۲) برای نوعی سویا ۲۵۰ برابر کمتر است. بنابراین طبیعی است که خصوصاً در خاکهای آهکی (pH بین ۷/۴ تا ۸/۵) کمبود آهن شایع‌ترین و رایج‌ترین کمبودهای غذایی محسوب گردد (Yorris و همکاران، ۱۹۹۰). کلروز آهن که در واقع عارضه کمبود آهن در گیاه است، کلروز ناشی از آهک یا زردبرگی آهکی نیز نامیده می‌شود (حقوق‌پرست تنها، ۱۳۷۱) و اولین بار بوسیله گریس فرانسوی در سال ۱۸۴۳ میلادی روی انگور تشخیص داده شد (Vose, ۱۹۸۲). اولین علائم کمبود آهن زرد شدن سطوح بین رگبرگی در برگهای جوان است. بعد از آن در بعضی گیاهان حتی رگبرگها نیز ممکن است رنگ پریده شوند و کل سطح برگ نهایتاً عاجی رنگ و سفید می‌شود (Bindra, ۱۹۸۳). کلروز آهن افت شدیدی را در فتوستنتز باعث شده و در نتیجه کاهش عملکرد گیاه را به دنبال دارد. این عارضه در کلیه مناطق میوه خیز ایران از جمله خراسان، اصفهان، کرج و آذربایجان صدمات شدیدی بر درختان سیب، به، گلابی، هلو، گیلاس، آلبالو و حتی درختان غیرمثمر مانند چنار و اقاچیا وارد می‌سازد و همچنین در گیاهان زراعی نظیر پنبه، ذرت، سورگوم و سویا که در خاکهای آهکی رشد می‌کنند دیده می‌شود (سالاردینی، ۱۳۷۱).

برای معالجه کلروز آهن روشهای مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است. اولین گزارش در مورد کنترل آن گزارش گریس از فرانسه می‌باشد این محقق در سال ۱۸۴۳

نمونه‌های ۵۰۰ گرمی از هر خاک (الک شده با الک ۲ میلیمتری) توزین و پس از اختلاط کامل با تیمارهای مربوطه به داخل قوطی‌های پلاستیکی منتقل شدند. پس از رسانیدن رطوبت مخلوط به ظرفیت مزرعه (FC) و محکم کردن درب قوطی‌ها، جهت تبادل هوا سه سوراخ به قطر تقریبی ۱ میلیمتر روی قوطی‌ها ایجاد شد (Paye و همکاران، ۱۹۸۴). قوطی‌ها به مدت دو ماه در دمای ثابت ۲۵ درجه سانتیگراد و رطوبت FC در انکوباتور نگهداری شدند. در طول این مدت در فواصل زمانی

که به ترتیب در سری خاکهای خمینی شهر، گلشهر و لنجان قرار می‌گیرند. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی این خاکها در جدول ۱ ارائه شده است.

### روش کار

این آزمایش با سه نوع خاک و ۸ تیمار در سه تکرار بصورت طرح پایه کاملاً تصادفی در قالب آزمایش فاکتوریل اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل I0, I2, I4 و I8 بودند که در آن به ترتیب پودر اکسید آهن ضایعاتی به میزان ۰، ۲، ۴ و ۸ درصد وزن خاک می‌باشند.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکهای مورد مطالعه

منطقه نمونه برداری	سری خاک	گروه بزرگ	بافت خاک	SP (%)	EC (dS/m)	pH	N (%)	P	K	Fe	Mn	Zn	Cu	HCO <sub>3</sub>	CaCO <sub>3</sub>
اصغر آباد	خمینی شهر	Haplocalcids	SCL	۵۰/۱	۴/۹	۸	۰/۰۳	۵/۶۳	۱۹۰	۱۱/۴	۱۶/۲	۱/۸	۰/۲۵	۵	۳۷/۵
گلشهر	گلشهر	Calcigypsis	CL	۵۰/۸	۳/۵	۸/۱	۰/۰۵	۵/۳	۲۰۰	۱۲/۲	۱۹/۵	۲/۵	۰/۶۰	۵/۳	۴۰
دیزیجه	لنجان	Torrifluvents	CL	۵۱/۳	۲/۱	۷/۹	۰/۰۷	۵/۷	۲۲۰	۱۲/۶	۱۹	۱/۸	۰/۴۷	۶/۳	۲۷

خاک می‌باشد. Wallace و Wallace (۱۹۹۲) گزارش کردند که معدنی شدن ماده آلی خاک می‌تواند باعث کاهش pH خاک گردد به نحوی که معدنی شدن ۱ درصد ماده آلی در ۳۰ سانتیمتری سطح خاک می‌تواند معادل با ۹ تن در هکتار اسیدسولفوریک، پروتون آزاد کند که این امر ممکن است بتدریج و در طول چندین سال رخ دهد. در تحقیق دیگری (Gaidi و همکاران، ۱۹۸۳) افزودن لجن فاضلاب به خاک باعث کاهش pH خاک شد که دلیل آن وجود اسیدهای آلی در لجن فاضلاب ذکر گردید.

### اثر تیمارها و زمان بر pH خاک<sup>۱</sup>

روند تغییرات pH در تیمارهای حاوی پودر اکسیدی و گوگرد یک روند کاهشی در زمانهای اول نگهداری (۱۰ تا ۳۰ روز) و متعاقب آن یک روند افزایشی تا رسیدن به pH اولیه بود (شکل ۲). به نظر می‌رسد هماتیت موجود در پودر اکسیدی به دلیل مجاورت با اسید (در مرحله اسیدشویی) پروتونه شده و بصورت یک منبع پروتون عمل می‌کند. بطوری که با وجود آهکی بودن نمونه‌ها برای خنثی شدن تمامی پروتون اضافه شده به وسیله پودر اکسیدی نیاز به حدود یک ماه وقت می‌باشد.

۲۴ ساعت، یک هفته، دو هفته، یک ماه و دو ماه بعد از آغاز انکوباسیون نمونه‌های فرعی از داخل قوطی‌ها برداشت شده در نمونه‌های فرعی pH سوسپانسیون ۱:۵ خاک و کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار (Klute، ۱۹۸۶) و مقدار عناصر آهن، روی، منگنز و مس قابل عصاره‌گیری با محلول ۰/۰۴ مولار EDTA (انگستری، ۱۳۶۹) تعیین شد.

### نتایج و بحث

#### اثر تیمارها بر میانگین pH خاک

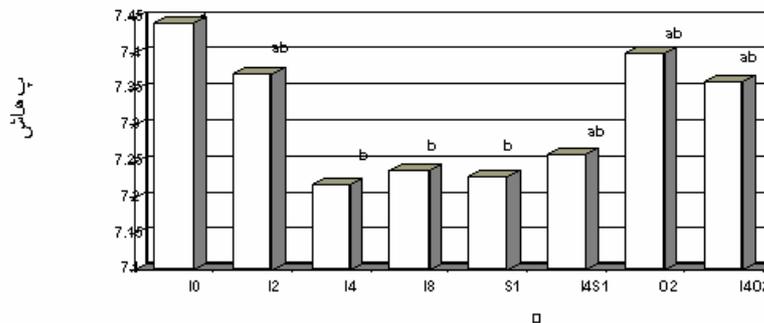
مطابق شکل ۱ در مجموع سه خاک کاربرد مقادیر ۴ و ۸ درصد وزنی خاک از پودر اکسید آهن ضایعاتی باعث کاهش pH نسبت به شاهد شده است. به نظر می‌رسد که pH پائین پودر اکسیدی به عنوان یک ماده اسیدی و همچنین هیدرولیز و اکسایش آهن آزادسه ظرفیتی و دو ظرفیتی موجود در آنها دلیل کاهش pH خاک نسبت به شاهد باشد. کاهش معنی‌دار pH در تیمار S1 نیز احتمالاً با اکسایش گوگرد عنصری مرتبط می‌باشد. تاثیر کاهنده گوگرد عنصری بر pH خاک در مطالعات کلباسی و همکاران (Kalbasi و همکاران، ۱۹۸۶؛ Kalbasi و همکاران، ۱۹۸۸) و محققان دیگر نیز ملاحظه شده است (Hagstrom، ۱۹۸۴). اگرچه کاهش pH در تیمار حاوی ماده آلی تازه معنی دار نیست ولی نتایج برخی مطالعات دیگر حاکی از تاثیر موادآلی بر کاهش pH

۱-در نمودارها حروف F یا I همان پودر اکسید آهن ضایعاتی می‌باشد.

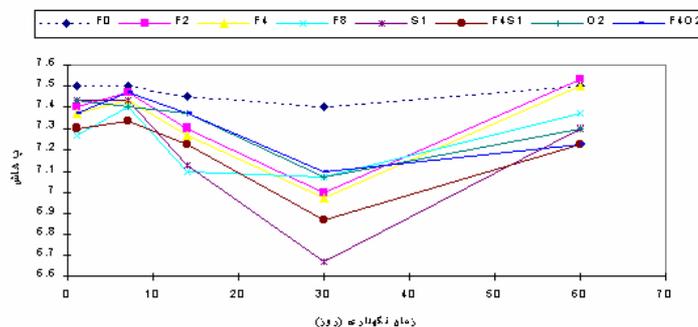
اثر تیمارها بر میانگین آهن قابل استخراج به وسیله EDTA

کاربرد پودر اکسید آهن ضایعاتی در خاک (تیمارهای 18,14,12) سبب افزایش آهن قابل عصاره‌گیری با EDTA شده و این افزایش عموماً متناسب با میزان پودر اکسیدی مصرفی بود (شکل ۳). نتایج مشابهی نیز بر اثر استفاده از برخی از محصولات فرعی صنایع در تحقیقات محققان دیگر بدست آمده است. Parkpian و Anderson (۱۹۸۶) ضمن بررسی قابلیت جذب آهن از یک محصول فرعی صنایع فولاد به نام Iron dust با افزودن این ماده به خاک شاهد افزایش معنی داری در غلظت آهن قابل عصاره‌گیری با DTPA بودند. در تحقیق دیگری Mortvedt (۱۹۸۲) به این نتیجه رسید که محصولات فرعی صنایع که حاوی  $Fe_2O_3$  باشند در صورت اسیدی شدن با  $H_2SO_4$  می‌توانند به عنوان یک منبع موثر و کارآمد آهن بحساب آیند. استفاده از

کاهش pH در تیمار حاوی گوگرد عنصری ( $S_1$ ) و تیمار حاوی ماده آلی به تنهایی ( $O_2$ ) را می‌توان به ترتیب به اکسایش گوگرد و ماده آلی در اثر افزایش فعالیت ریزجانداران اکسیدکننده گوگرد و ریزجانداران تجزیه کننده ماده آلی نسبت داد. اکسایش گوگرد بیشتر بر اثر فعالیت باکتریها و سایر ریزجانداران هتروتروف و اتوتروف اکسیدکننده گوگرد انجام می‌شود (Wainwright, ۱۹۸۴). بعد از گذشت یک ماه احتمالاً به خاطر تجمع مواد زاید مترشحه توسط ریزجانداران و کاهش ماده آلی قابل استفاده ریزجانداران هتروتروف یا به دلیل کاهش گوگرد عنصری فعالیت این ریزجانداران کاهش یافته و متعاقب آن اکسیدشدن گوگرد و تولید پروتون نیز کاهش پیدا کرده است. Wallace و Lunt (۱۹۶۰) گزارش نمودند که بر اثر افزودن ماده آلی تازه به خاک و خیس کردن خاک در یک دوره ۱۱ روزه pH خاک بسته به مقدار ماده آلی مصرفی از ۷/۹ در شاهد به ۷/۸ تا ۷/۴۵ کاهش یافت.



شکل ۱- اثر تیمارها بر میانگین pH خاک



شکل ۲- اثر تیمارها و زمان بر pH خاک

پژوهش حاضر داشتند. به هر حال با توجه به سطح ویژه بالای پودر اکسیدی و نیز اسیدی بودن آن افزایش میزان

آیرون سل (Wallace و همکاران، ۱۹۹۲) و فروسل (Berger و Stroehlin، ۱۹۶۳) نیز نتایج مشابهی با

شکل ۵ اثر تیمارها را بر میانگین مقدار منگنز قابل استخراج نشان می‌دهد بیشترین افزایش در مقدار منگنز قابل استخراج بر اثر کاربرد ماده آلی حاصل شد که با نتایج مطالعات Wallace و Lunt (۱۹۶۰)، Parkipan و Anderson (۱۹۸۶) و تاج آبادی پور (۱۳۷۵) تا حدودی مطابقت دارد. نقش ماده آلی احتمالاً در ارتباط با کمپلکس کردن منگنز و نیز کاهش پتانسیل ردکس و احیای منگنز در خاک می‌باشد. به این نحو که ماده آلی تازه با تحریک فعالیت میکروبی سبب افزایش ترشحات میکروبی شده و این مواد پس از کلات کردن منگنز از رسوب آن به شکل غیر محلول جلوگیری می‌کنند. همچنین با کاهش نسبی فشار اکسیژن بر اثر فعالیت شدید میکروبی،  $pH + pe$  کاهش می‌یابد و باعث احیا بخشی از منگنز IV به II افزایش حلالیت آن می‌گردد. حضور پودر اکسیدی همراه با ماده آلی سبب کاهش منگنز قابل عصاره‌گیری نسبت به تیمار ماده آلی به تنهایی ( $O_2$ ) شد که علت آن روشن نیست. استفاده از مقادیر مختلف پودر اکسید آهن ضایعاتی افزایش معنی‌داری در میزان روی و مس قابل عصاره‌گیری با EDTA ایجاد نکرد. در کل می‌توان نتیجه‌گیری کرد که پودر اکسید آهن ضایعاتی نمی‌تواند منبع مناسبی برای افزایش غلظت منگنز، روی و مس در خاکهای آهنی باشد. ناچیز بودن مقدار عناصر مذکور در این پودر ممکن است یکی از دلایل آن باشد.

#### اثر تیمارها و زمان بر منگنز قابل استخراج بوسیله EDTA

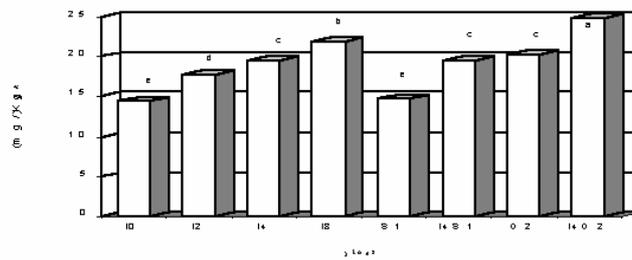
منگنز قابل عصاره‌گیری بوسیله E DTA با گذشت زمان در مجموع سه خاک مورد آزمایش به ویژه در تیمارهای  $O_2$  و  $I_4O_2$  یک روند کاهشی را نشان داد (شکل ۶) این کاهش در ابتدای آزمایش با شدت بیشتر و بعد از آن با شیب ملایم‌تری دنبال شد. بجز تیمارهای حاوی ماده آلی در سایر تیمارها تغییرات منگنز قابل استخراج در طول زمان نگهداری معنی‌دار نبود. نکته قابل ذکر اینکه اگرچه میزان منگنز قابل عصاره‌گیری در این دو تیمار یک روند کاهشی را نشان داد ولی اختلاف سطح آن با سایر تیمارها و شاهد در طول دوره نگهداری کاملاً بارز و معنی‌دار بود. لذا می‌توان این دو مشاهده را برآیند دو فعل و انفعال دانست. یکی افزایش فعالیت و تنفس کلی خاک در اثر ورود مواد آلی و کاهش  $pH + pe$  و نیز تولید ترکیبات آلی حدواسط در این شرایط و کلاته شدن منگنز و در نتیجه افزایش منگنز محلول و قابل استخراج، دوم تشدید فعالیت اکسیدکننده‌های منگنز در زمانهای بعدی و در نتیجه اکسید شدن منگنز و تشکیل فرمهای غیر محلول آن.

آهن قابل عصاره‌گیری با E DTA بر اثر کاربرد این ماده دور از انتظار نیست چون نه تنها به عنوان منبعی از آهن عمل می‌کند بلکه با کاهش pH خاک نیز می‌تواند حلالیت و قابلیت جذب آهن را افزایش دهد. افزودن ماده آلی تازه به پودر اکسیدی سبب افزایش بیشتری در میزان آهن قابل عصاره‌گیری گردیده است که به نوعی با یافته‌های Parkipan و Anderson (۱۹۸۶) مطابقت دارد. به نظر می‌رسد افزایش آهن قابل عصاره‌گیری بر اثر افزودن ماده آلی به خاک ناشی از افزایش فعالیت میکروبی و متعاقب آن افزایش فشار  $CO_2$  و کاهش  $pH + pe$  در میکروپوره‌های خاک باشد. همچنین برخی ترشحات میکروبی نیز با کلات کردن آهن می‌توانند سبب افزایش آهن محلول و قابل عصاره‌گیری گردند. عدم تاثیر گوگرد عنصری (S1) بر آهن قابل عصاره‌گیری علیرغم تاثیر آن بر pH خاک ممکن است به دلیل حلالیت بسیار کم ترکیبات طبیعی آهن موجود در خاک باشد.

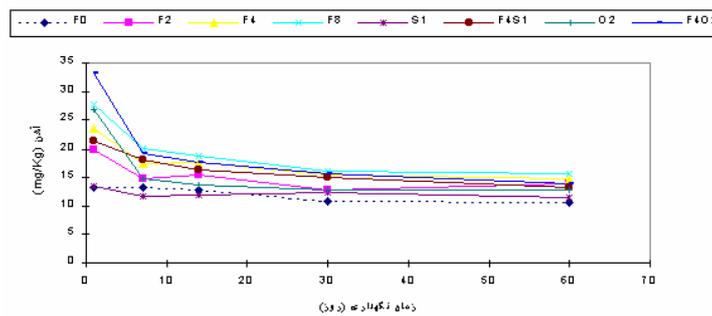
#### اثر تیمارها و زمان بر آهن قابل استخراج بوسیله EDTA

تغییرات آهن قابل عصاره‌گیری بوسیله E DTA با گذشت زمان در هر سه خاک مورد آزمایش تقریباً یکسان بوده و روند کلی این تغییرات کاهش شدید در ۱۰ روز اول دوره نگهداری و کاهش بسیار کم پس از آن بود (شکل ۴). کاهش شدید آهن قابل عصاره‌گیری به وسیله EDTA در روزهای نخست دوره نگهداری در تیمارهای پودر اکسیدی احتمالاً بدلیل انحلال ترکیبات محلول و رسوب ترکیبات نامحلول تر آهن و یا اکسید شدن آهن دوظرفیتی به سه ظرفیتی در خاک می‌باشد. در مطالعات متعددی اشاره شده است که نمکهای معدنی آهن پس از اضافه شدن به خاک با گذشت زمان به شکلهای غیرمحلولتر تبدیل می‌شوند. مطالعات Lindsay و Schwab (۱۹۸۲) از آن جمله‌اند. در تحقیق دیگری شریعتمداری (۱۳۶۹) ضمن بدست آوردن نتایج مشابه گزارش کرد که ۲۵ روز پس از تیمار کردن خاک با پودر خون، آهن قابل عصاره‌گیری با DTPA یک روند کاهشی را شروع می‌کند. این محقق تجزیه پودر خون در خاک و تبدیل شدن آهن آلی موجود در آن به فرمهای معدنی غیرمحلول را دلیل روند کاهشی فوق دانست. در تحقیق حاضر به علت اینکه منبع آهن اضافه شده به خاک یک منبع غیرآلی است لذا از همان ابتدای آزمایش روند کاهشی شروع شده است زیرا نیازی به تجزیه میکروبی آن نبوده و از همان ابتدا واکنشهای انحلال و رسوب بصورت فعال عمل کرده‌اند.

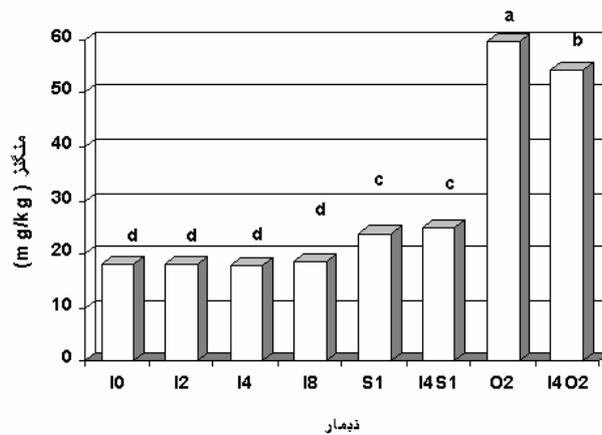
#### اثر تیمارها بر میانگین منگنز قابل استخراج بوسیله EDTA



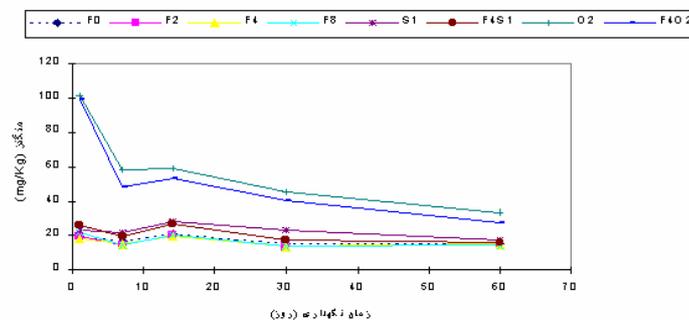
شکل ۳- اثر تیمارها بر میانگین آهن قابل استخراج بوسیله EDTA



شکل ۴- اثر تیمارها و زمان بر آهن قابل استخراج بوسیله EDTA



شکل ۵- اثر تیمارها بر میانگین منگنز قابل استخراج بوسیله EDTA



شکل ۶- اثر تیمارها و زمان بر منگنز قابل استخراج بوسیله EDTA

از نتایج این تحقیق چنین بر می آید که:

نتیجه گیری

- ۴- با گذشت زمان در طول دوره نگهداری مقدار آهن و منگنز قابل عصاره‌گیری تحت تیمارهای پودر اکسیدی یک روند کاهشی را نشان می‌دهد ولی باز هم در سطح بالاتری نسبت به شاهد قرار دارد. کاهش در زمانهای اولیه شدید و بعد از آن بسیار کند می‌شود.
- ۵- برای حصول اطمینان از اینکه آیا افزایش آهن قابل عصاره‌گیری تحت تیمارهای مختلف می‌تواند معادل با افزایش آهن قابل جذب تلقی شود یا خیر انجام یک آزمایش گلخانه‌ای براساس نتایج این آزمایش پیشنهاد می‌گردد.
- ۱- پودر اکسید آهن ضایعاتی قابلیت کاهش pH و افزایش مقدار آهن قابل استخراج با EDTA را دارد و مقدار کاهش pH یا افزایش آهن عموماً متناسب با مقادیر مصرفی این پودر می‌باشد.
- ۲- افزودن ماده آلی تازه (پودر یونجه) به پودر اکسید آهن ضایعاتی باعث افزایش مقدار آهن و منگنز قابل عصاره‌گیری با EDTA می‌شود.
- ۳- مصرف گوگرد عنصری اگرچه موجب کاهش pH و افزایش جزئی مقدار منگنز قابل عصاره‌گیری می‌شود ولی بر مقدار آهن قابل استخراج تاثیری ندارد.

### فهرست منابع

۱. اجرایی، ع ک، ۱۳۷۸. مقادیر پودر خون با سولفات و سبکترین آهن جهت تامین آهن ذرت در یک خاک آهنکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.
۲. انگستری، ح، ۱۳۶۹. تفکیک خاکهای منطقه اصفهان بر اساس میزان آهن قابل جذب گیاه و تعیین حد بحرانی آهن برای گیاه ذرت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۳. تاج آبادی پور، ا، ۱۳۷۵. تاثیر ماده آلی (تفاله شیرین بیان) بر خصوصیات فیزیکی و میکروبی خاکهایی از استانهای فارس و کرمان، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.
۴. حق پرست تنها، م، ۱۳۷۱. تغذیه و متابولیسم گیاهان، چاپ اول، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت.
۵. سالاردینی، ع ا، ۱۳۷۱. حاصلخیزی خاک، چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه تهران.
۶. شریعتمداری، ح، ۱۳۶۹. بررسی امکان استفاده از پودر خون به عنوان کود آهن، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۷. کلباسی، م، ۱۳۷۴. کلروز آهن در گیاهان و راههای مبارزه با آن، سازمان پارکها و فضای سبز، اصفهان.
8. Barber, S.A. 1995. Soil nutrient bioavailability, a mechanistic approach, 2nd edition. John Wiley & Sons, Inc. New York.
9. Bindra, A. S. 1983. Iron chlorosis in horticulture and field-crops. Kalyani Publishers. New Delhi.
10. Guidi, G., Pagliai, M. and Giachetti1. M., 1983. Modification of some physical and chemical soil properties following sludge and compost application, Dordrecht Netherlands, No.5, pp.702-717.
11. Hagstrom, G.R. 1984. Current management practices for correcting iron deficiency in plants with emphasis in soil management. J. Plant Nutr., 7(1-6): 23-46.
12. Hills, T., 1995. Micronutrients in soil, crops and fertilizer. FDCCO, New Delhi.
13. Kalbasi, M., N. Manuchehri, and F. Filsoof. 1986. Local acidification of soil as a means to alleviate iron chlorosis in quince orchards. J. Plant Nutr., 9(3-7): 1001-1007.
14. Kalbasi, M., F Filsoof, and Y. Rezai- Nejad. 1988. Effect of sulfur treatments on yield and uptake of Fe, Zn, and Mn by corn, sorghum, and soybeans, J. Plant Nutr., 11(6-11):1353-1360.
15. Klute, A, 1986. Method of soil analysis, part. I, Chemical and microbiological methods. Madison, Wisconsin USA.
16. Lindsay, W. L., 1992. Chemical equilibria in soils, John Wiley & Sons, Inc. New York.
17. Lindsay, W. L., and A.P. Schwab. 1982. The chemistry of iron in soils and its availability to plants, J. Plant Nutr., Vol. 5(4-7): 821-840.
18. Morris, D. R., R.H. Leoppert, and T.J. Moore. 1990. Indigenous soil factors influencing iron chlorosis of soybean in calcareous soils, Soil Sci. Soc. Am. J. 54, 1329-1336.
19. Mortvedt, J.J. 1986. Iron sources and management practices for iron chlorosis problems, J. Plant Nutr., 6: 961-674.
20. Mortvedt, J.J. 1982. Grain sorghum response to iron sources applied alone or with fertilizers, G. Plant Nutr. 6(4-7):859-868.
21. Parkpian, P. and W.B. Anderson. 1986. Iron availability from a steel industry by-product", J. Plant Nutr., 9(3-7): 1027-1038.
22. Payne, A.L., R.H , Miller and D. R. Keeney. 1984. Method of soil analysis, Part II., SSSA Inc.

23. Stroehlin, J.L. and C. Berger. 1963. The use of ferrosul, a steel industry by product as a soil amendment, Soil Sci. Soc. Am. Proc., 27:51-53.
24. Vose, P.B. 1982. Iron nutrition in plant, J. Plant Nutr. 5:233-249.
25. Wainwright, M. 1984. Sulfur oxidation in soil, Adv. Agron., 37:349-392.
26. Wallace, A. and O.R. Lunt. 1960. Iron chlorosis in horticultural plant, Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 75:819-841.
27. Wallace, A. and G.A. Wallace. 1992. Some of the problems concerning iron nutrition of plants after four decades of synthetic chelating agents, J. Plant Nutr., 15, (10) 1487-1508.
28. Wallace, A, Y.S. Samman and C.A. Wallace. 1992. Correction of lime-induced chlorosis in soybeans in a calcareous soil with sulfur and an acidifying iron compound, J. Plant Nutr., 5(4-5):949-953.

## Effect of Iron Oxide Waste Obtained from Acid Pickling on Soil pH and Micronutrients Concentration

M.Forouhar, M. Kalbasi, and H.Shariatmadari<sup>1</sup>

### Abstract

The effect of iron oxide waste (IOW) on some EDTA-extractable micronutrients and soil pH was investigated in an incubation study using three calcareous soils. Treatments were 0, 2, 4 and 8% (w/w) of IOW, mixture of 4% w/w of IOW + 1% w/w elemental sulfur, and a mixture of 4% w/w of IOW + 2% w/w alfalfa powder. The results showed that IOW reduced soil pH and increased EDTA - extractable Fe. The increased amount of IOW applied, or the mixture of IOW with alfalfa powder, enhanced extractability of Fe by EDTA. Sulfur application decreased soil pH, and slightly enhanced EDTA-extractable Mn. However, the sulfur treatment had no effect on EDTA-extractable Fe.

**Keywords:** Iron oxide, Micronutrients, Soil pH, Sulfur, Calcareous soils

---

<sup>1</sup>Sci. member of Agric. Research Center of Khorasan, Prof. and Assist. Prof. of soil science at Isfahan University of Technology, respectively.