ارزیابی چند عصاره‌گیر برای تعیین آهن قابل‌استفاده ذرت و سطح بحرانی آن در برخی خاک‌های آهکی استان آذربایجان شرقی

عادل ریحانی‌تبار [۱]، کمال خلخال [۲]، نصرت‌اله نجفی [۱]
۱- دانشیار گروه مهندسی علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، ۲- کارشناسی ارشد مهندسی علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، ۱- دانشیار گروه مهندسی علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

چکیده
در این پژوهش ۲۱ نمونه مرکب خاک از استان آذربایجان شرقی انتخاب و آزمایش گلخانه‌ای با سه تکرار و دو سطح آهن (صفر و ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم آهن از منبع Fe-EDDHA) گیاه ذرت (*Zea mays* L.) کشت شد. بر طبق نتایج، آهن عصاره گیری شده با روش‌های DTPA و AB-DTPA بیش‌ترین ضریب همبستگی را با شاخص‌های رشد گیاه ذرت داشت که AB-DTPA به‌دلیل ضریب همبستگی بیش‌تر نسبت به DTPA و همچنین عصاره‌گیری همزمان چندین عنصر، به‌عنوان عصاره‌گیر برتر انتخاب شد. سطح بحرانی آهن قابل‌جذب به روش AB-DTPA برای دستیابی به ۹۰ درصد عملکرد نسبی با استفاده از روش‌های ترتیب ستونی پاسخ گیاه، تصویری کیت-نلسون و میچرلیخ-بری به‌ترتیب ۱۹/۶، ۴/۴ و ۵۳/۴ و برای دستیابی به ۹۰ درصد غلظت نسبی آهن فعال در بخش هوایی با استفاده از روش تصویری کیت-نلسون ۸/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. میانگین ضرایب C_1 و C_2 معادله میچرلیخ-بری برای روش AB-DTPA به‌ترتیب ۲۲۰۷/۰ و ۰۵۵۶/۰ کیلوگرم خاک بر میلی‌گرم آهن بود.

واژه‌های کلیدی: آهن، سطح بحرانی، عصاره‌گیرهای آهن، ذرت، AB-DTPA

مقدمه
روش‌های آزمون خاک برای عناصر کم‌مصرف به‌طور طبیعی وابسته به ویژگی‌های خاک و گیاه است، بنابراین آزمون خاک واحد جهانی برای عناصر کم‌مصرف به واسطه ویژگی‌های متفاوت خاک‌ها، پاسخ‌های متفاوت گیاهی و شرایط آزمایش وجود ندارد. اطلاع از سطح بحرانی آهن در خاک و پاسخ‌های گیاه به مصرف آن می‌تواند کمک مؤثری در توصیه بهینه کود آهن باشد. مصرف بهینه عناصر غذایی و رسیدن به عملکرد مطلوب نیازمند تعیین سطح بحرانی با استفاده از عصاره‌گیر مناسب در هر خاک و گیاه است. ملکوتی و غیبی (۱۳۷۹) با توجه به آهکی بودن اکثر خاک‌های کشور و به رغم شباهت‌های اقلیمی و استفاده از روش DTPA سطح بحرانی آهن را از ۲ تا ۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کردند. با توجه به تفاوت در اقلیم، مواد مادری و دیگر عوامل مؤثر بر تشکیل و تکامل خاک‌ها و در نتیجه ویژگی‌های متنوع خاک‌های کشور از جمله تنوع کانی شناختی، انتخاب عصاره‌گیر یا عصاره‌گیرهای مناسب آهن و تعیین سطح بحرانی آن برای گیاهان مختلف به‌ویژه محصولات استراتژیک در هر منطقه ضروری به نظر می‌رسد. لذا هدف از این تحقیق تعیین عصاره‌گیر یا عصاره‌گیرهای مناسب آهن در خاک‌های استان آذربایجان شرقی و تعیین سطح بحرانی آن برای گیاه ذرت بود که تاکنون گزارش چاپ شده‌ای از این موضوع در خاک‌های مورد مطالعه وجود ندارد.

مواد و روش‌ها
در جدول ۱ روشهای عصاره گیری آهن قابل جذب خاک که در تحقیق حاضر مورد استفاده قرار گرفتند ارائه شده است. برای این منظور ۲۱ نمونه مرکب از خاک‌های استان آذربایجان شرقی از مناطق مختلف استان از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری

جدول ۱: روش‌های رایج عصاره‌گیری آهن قابل‌استفاده خاک

عصاره‌گیر	نسبت خاک به محلول	زمان تکان دادن	منابع
۰.۰۰۵ M DTPA + ۰.۰۱ M $CaCl_2$ + ۰.۱ M TEA (pH=۷.۳)	۱:۲	ساعت ۲	لیندزی و نورول (۱۹۷۸)
۰.۰۰۵ M DTPA + ۱ M NH_4HCO_3 (pH=۷.۶)	۱:۲	دقیقه ۱۵	سلطان‌پور و شواب (۱۹۷۷)
۰.۰۴ M EDTA + ۱ M $(NH_4)_2CO_3$ (pH=۸.۶)	۱:۲	دقیقه ۳۰	تریرویلر و لیندزی (۱۹۶۹)
اگزالات آمونیوم مرجع [$(NH_4)_2C_2O_4.H_2O$]	۱:۶۰	ساعت ۲	شوارتمن (۱۹۶۴)؛ دی‌سانتیاگو و دلگادو (۲۰۰۶)
اگزالات آمونیوم سریع [$(NH_4)_2C_2O_4.H_2O$] (pH=۳)	۱:۲۰۰	ساعت ۲	بنیتز و همکاران (۲۰۰۲)؛ دل‌کامپیلو و تورنت (۱۹۹۲)
هیدروکسیل آمین هیدروکلرواید ($NH_2OH*HCl$)	۱:۲۰	ساعت ۱۷	دی‌سانتیاگو و دلگادو (۲۰۰۶)؛ درک و فلیپس (۱۹۸۷)

انتخاب شدند که از دامنه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نسبتا وسیعی برخوردار بودند. سپس آزمایشی در ۲۱ نوع خاک با سه تکرار به صورت فاکتوریل در شرایط گلخانه‌ای انجام شد. در گلدان‌های که حاوی ۴ کیلوگرم خاک بودند، ۵ بذر ذرت (*Zea mays* L.)

رقم سینگل کراس ۷۰۴ کاشته شد و پس از دو هفته به سه بوته تنک شد. به غیر از آهن بقیه عناصر بر طبق آزمون خاک و توصیه‌های رایج کودی مصرف شد. پس از دو ماه، شاخساره و ریشه برداشت، خشکانیده و پودر شدند. اندازه‌گیری آهن فعال به دو روش اسید کلریدریک یک نرمال (اوسرکوسکی، ۱۹۳۳) و ارتوفنانترلین ۵/۱ % (کتایل و شارما، ۱۹۸۲) انجام شد. شاخص کلروفیل برگ‌های ذرت با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج (Hansatech، مدل CL-۰۱) تعیین شد. هضم نمونه‌های گیاهی با روش خشک‌سوزانی انجام گرفت . غلظت آهن کل با دستگاه جذب اتمی (شیمادزو مدل AA-۶۳۰۰) اندازه‌گیری و میزان جذب آن توسط ذرت از حاصل‌ضرب غلظت آهن در مقدار ماده خشک حاصل شد. سطح بحرانی آهن با استفاده از روش ترتیب ستونی پاسخ گیاه، روش تصویری کیت-نلسون و روش میچرلیخ-بری تعیین شد. رسم نمودارها با اکسل و ضرایب همبستگی داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد.

نتایج و بحث

در این تحقیق ترتیب مقادیر آهن عصاره گیری شده به شرح زیر بود:

اگزالات آمونیوم سریع> اگزالات آمونیوم مرجع > هیدروکسیل آمین هیدروکلرواید > DTPA > AB-DTPA > AC-EDTA

دلیل این که روش‌های اگزالات آمونیوم سریع، اگزالات آمونیوم مرجع و هیدروکسیل آمین آهن بیشتری را عصاره‌گیری کردند می‌تواند pH اسیدی این عصاره‌گیرها باشد. در خاک‌های با مقادیر زیاد کربنات کلسیم معادل، اگزالات آمونیوم به‌دلیل pH تنظیم شده ممکن است آهن بیشتری را عصاره‌گیری کند (دی‌سانتیاگو و دلگادو ۲۰۰۶). در این تحقیق همبستگی‌های ضعیفی بین روش‌های هیدروکسیل آمین هیدروکلراید و AC-EDTA با دیگر عصاره‌گیرها مشاهده شد (جدول ۲)، در حالی‌که روش‌های دیگر همبستگی نسبتاً بالایی با هم داشتند. بیشترین همبستگی بین روش اگزالات آمونیوم سریع با روش اگزالات آمونیوم مرجع و DTPA و AB-DTPA بود.، امامی و دردی‌پور (۱۳۹۱) نیز بین AB-DTPA و DTPAهمبستگی معنی‌داری گزارش کردند. دلیل این همبستگی‌های بالا به سازوکار مشابه عصاره‌گیری توسط این عصاره‌گیرها برمی‌گردد. گیگر و لوپرت (۱۹۸۶) در خاک‌های ایالت تگزاس امریکا نیز همبستگی معنی‌دار نزدیکی بین روش‌های اگزالات آمونیوم و DTPA گزارش کردند. از آنجایی‌که از آهن عصاره‌گیری شده با اگزالات آمونیوم به‌عنوان معیاری برای برآورد مقدار اکسیدهای آهن بی‌شکل خاک استفاده می‌شود از این رو اکسیدهای آهن بی‌شکل احتمالاً منبع عمده آهن عصاره‌گیری شده به وسیله DTPA از خاک‌ها می‌باشند.

آهن استخراج شده با عصاره‌گیرهای مختلف با یکدیگر (r) جدول ۲: همبستگی خطی

عصاره‌گیر	DTPA	AB-DTPA	AC-EDTA	هیدروکسیل آمین	اگزالات آمونیوم سریع	اگزالات آمونیوم مرجع
DTPA	۱	۷۴/۰**	۳۲/۰ns	۱۹/۰ns	۶۷/۰**	۴۹/۰*
AB-DTPA		۱	۴۸/۰*	۰۷/۰ns	۵۸/۰**	۲۹/۰ns
AC-EDTA			۱	۱۹/۰ns	۵۴/۰*	۳۵/۰ns
هیدروکسیل آمین				۱	۳۲/۰ns	۴۶/۰*
اگزالات آمونیوم سریع					۱	۸۴/۰**
اگزالات آمونیوم مرجع						۱

غیر معنیدار ns ** معنی داری در سطح احتمال ۰۱/۰ * معنی داری در سطح احتمال ۰۵/۰

در این تحقیق از بین عصاره‌گیرهای مورد استفاده، AB-DTPA و DTPA بیشترین همبستگی را با شاخص‌های گیاهی داشتند (جدول ۳). دلیل برتر بودن عصاره‌گیرهای AB-DTPA و DTPA نسبت به دیگر عصاره‌گیرها شاید مربوط به سازوکار عصاره‌گیری و همچنین عصاره‌گیری شکل‌های متفاوت آهن توسط این عصاره‌گیرها باشد. آهن عصارهگیری شده با DTPA شامل آهن محلول، تبادلی، پیوسته به کربنات‌ها، پیوند یافته با مواد آلی و بخشی از آهن موجود در ساختمان کانیها است (لیندزی و نورول ۱۹۷۸)، در حالی که آهن عصاره‌گیری شده با اگزالات آمونیوم سریع و اگزالات آمونیوم مرجع غالباً مربوط به اکسیدهای آهن فعال است (شوارتمن ۱۹۶۴). از بین دو عصاره‌گیر AB-DTPA و DTPA بیشترین همبستگی مربوط به AB-DTPA بود. از طرف دیگر به‌دلیل صرفه اقتصادی، آسانی و زمان آزمون و همچنین عصاره‌گیری همزمان چندین عنصر، AB-DTPA به‌عنوان عصاره‌گیر برتر این تحقیق معرفی می‌شود. این نتیجه با نتایج آدیلوگلو (۲۰۰۲ و ۲۰۰۶) در خاک‌های قهوه‌ای جنگلی در استان ادیرنه ترکیه و امامی و دردی‌پور (۱۳۹۱) در خاک‌های گلستان برای درختان هلو مطابقت داشت.

آهن استخراج شده توسط عصاره‌گیرهای مختلف و برخی شاخص‌های رشد ذرت (r)جدول ۳: همبستگی خطی

شاخص‌های رشد / عصاره‌گیر	وزن خشک شاخساره	وزن تر شاخساره	وزن خشک ریشه	وزن تر ریشه	جذب آهن	Fe-HCl	Fe-Orto	شاخص کلروفیل	آهن کل شاخساره	آهن کل ریشه

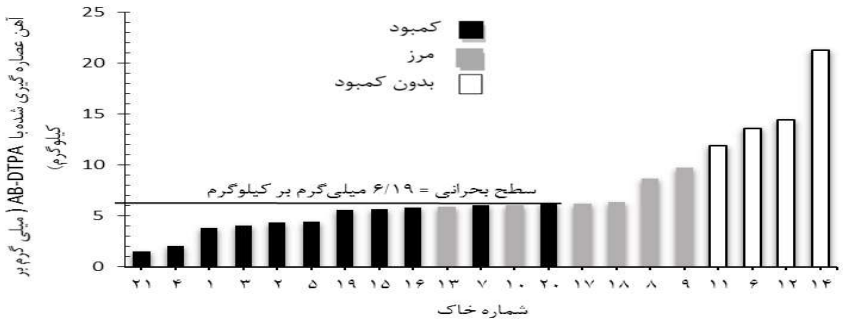
DTPA	۶/۰**	۵۳/۰*	۵۹/۰**	۵۸/۰**	۷۱/۰**	۵۴/۰*	۵۵/۰**	۸۱/۰**	۲۸/۰ ns	۲۵/۰ ns
AB-DTPA	۷۲/۰**	۶۷/۰**	۶۶/۰**	۶۱/۰**	۷۵/۰**	۵۶/۰**	۷/۰**	۸۴/۰**	۲/۰ ns	۲۴/۰ ns
AC-EDTA	۳۲/۰ ns	۱۱/۰ ns	۲۹/۰ ns	۲۴/۰ ns	۳۳/۰ ns	۴۶/۰*	۱۷/۰ ns	۴۸/۰*	۱۲/۰ ns	۲۸/۰ ns
هیدروکسیل	۰۸/۰ ns	۰۶/۰ ns	۰۸/۰- ns	۱۱/۰- ns	۰۹/۰ ns	۰۶/۰- ns	۰۱/۰- ns	۲۱/۰ ns	۰۵/۰- ns	۳/۰ ns
اگزالات آمونیوم سریع	۴۳/۰ ns	۲۶/۰ ns	۴۱/۰ ns	۳۵/۰ ns	۵۳/۰*	۳۱/۰ ns	۳۵/۰ ns	۷۲/۰**	۳/۰ ns	۴/۰ ns
اگزالات آمونیوم مرجع	۲۴/۰ ns	۱۳/۰ ns	۱۶/۰ ns	۱۸/۰ ns	۳۲/۰ ns	۰۷/۰- ns	۲۲/۰ ns	۴۸/۰*	۱۱/۰ ns	۳/۰ ns

غیر معنیدار * معنی داری در سطح احتمال ۰۵/۰ ** معنی داری در سطح احتمال ۰۱/۰ ns

سطح بحرانی آهن با روش AB-DTPA در خاک‌های مورد مطالعه برای ذرت با روش ترتیب ستونی پاسخ گیاه ۱۹/۶ میلی‌گرم آهن بر کیلوگرم خاک به‌دست آمد (شکل‌های ۱). فیضی‌اصل (۱۳۸۷) در خاک‌های زیر کشت گندم دیم در غرب و شمال غرب کشور (استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، کردستان و کرمانشاه) سطح بحرانی آهن را با روش ترتیب ستونی پاسخ گیاه ۵/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کرد. این روش به‌دلیل داشتن مشکلات توصیه کودی در منطقه انتقالی و استفاده از برخی مسائل تا حدودی پیچیده آماری در رفع آن (کیسلینگ و مولینیکس، ۱۹۷۹) چندان مورد توجه پژوهشگران علم تغذیه گیاهی در کشور قرار نگرفته است. سطح بحرانی آهن با استفاده از روش تصویری کیت-نلسون توسط AB-DTPA با درصد عملکرد نسبی و غلظت نسبی آهن فعال به‌ترتیب ۴/۴ و ۸/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌دست آمد. فیضی‌اصل و همکاران (آ ۱۳۸۲) سطح بحرانی آهن با استفاده از DTPA و روش تصویری کیت-نلسون در خاک‌های تحت کشت گندم دیم در غرب و شمال غرب کشور را ۸/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش و ملکوتی و غیبی (۱۹۷۹) برای گندم و جو در استان آذربایجان شرقی ۵/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌دست آوردند. سطح بحرانی آهن با استفاده از روش تصویری کیت-نلسون برای درختان هلو از متوسط دو عمق ۰ تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر در استان گلستان با عصارهگیر AB-DTPA برای غلظت آهن کل و غلظت آهن فعال به‌ترتیب ۱۳ و ۱۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم و همچنین برای شاخص کلروفیل برگ‌ها ۱۳ بود (امامی و دردی‌پور، ۱۳۹۱). بلالی و همکاران (۱۳۷۸) میانگین سطح بحرانی آهن را در کلیه استان‌های کشور که در بیش از ۱۰۰۰ مزرعه (گندم آبی) انجام شده بود، ۵۷/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش کردند، که به مقدار به‌دست آمده در این تحقیق نزدیک است. سطح بحرانی آهن در خاک‌های مورد مطالعه و برای گیاه ذرت توسط روش AB-DTPA با روش میچرلیخ-بری برای دستیابی به ۹۰ درصد عملکرد ۵۳/۴ میلی‌گرم آهن بر کیلوگرم خاک به دست آمد. ضرایب C_1 و C_2 برای روش AB-DTPA به‌طور میانگین به‌ترتیب ۲۲۰۷/۰ و ۰۵۵۶/۰ کیلوگرم خاک بر میلی‌گرم آهن بود. بر اساس نتایج به‌دست آمده می‌توان معادله‌ای برای خاک‌های مورد مطالعه بر اساس عصاره‌گیر AB-DTPA به‌ترتیب به‌صورت زیر نوشت.

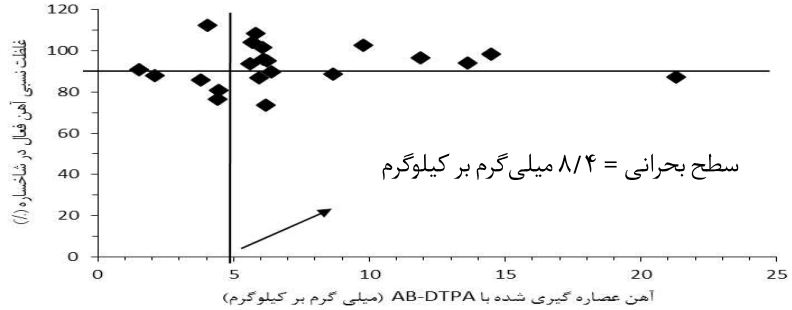
$$\text{Log (A-Ry)} = \log A - (۲۲۰۷/۰\ b + ۰۵۵۶/۰\ x) \qquad \text{AB-DTPA}$$

که در این معادلات A حداکثر عملکرد (۱۰۰ درصد)، Ry درصد عملکرد نسبی، b میزان آهن عصاره‌گیری شده در خاک (میلی‌گرم آهن بر کیلوگرم خاک) و x میزان کود آهن مصرفی (میلی‌گرم آهن بر کیلوگرم خاک) می‌باشد. فیضی‌اصل و همکاران (ب ۱۳۸۲) سطح بحرانی آهن برای دستیابی به ۹۰ درصد حداکثر عملکرد دانه با استفاده از معادله میچرلیخ برای گندم دیم در غرب و شمال غرب کشور را ۸/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کردند. سطح بحرانی آهن از طریق میانگین‌گیری روش‌های مذکور با استفاده از AB-DTPA برای ذرت در این مناطق ۹۸/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم پیشنهاد می‌شود.



شکل ۲: نمودار پراکنش و تعیین سطح بحرانی آهن در خاک با روش ترتیب ستونی پاسخ گیاه و AB-DTPA

شکل ۰-۲: نمودار پراکنش و تعیین سطح بحرانی آهن در خاک با روش تصویری کیت-نلسون و AB-DTPA



شکل ۰-۳: نمودار پراکنش و تعیین سطح بحرانی آهن در خاک با روش تصویری کیت-نلسون و براساس غلظت آهن فعال AB-DTPA

منابع

امامی، م. و دردی‌پور، ا. ۱۳۹۱. انتخاب عصارهگیر مناسب برای استخراج آهن قابل‌جذب درختان هلو در خاک‌های استان گلستان. مجله مدیریت خاک و تولید پایدار، جلد دوم، شماره ۲، صفحه‌های ۸۳ تا ۱۱۲.

بلالی، م. ر.، ملکوتی، م. ج.، مشایخی، ح. ح. و خادمی، ز. ۱۳۷۸. اثر عناصر ریزمغذی بر افزایش عملکرد و تعیین سطح بحرانی آنها در خاک های تحت کشت گندم آبی در ایران. مجله خاک و آب، جلد ۱۲، شماره ۶، صفحه‌های ۱۱۱ تا ۱۱۹.

فیضی‌اصل، و. ۱۳۸۷. مقایسه روش های مختلف تفسیر نتایج آزمون خاک در تعیین حد بحرانی آهن در خاک های زیر کشت گندم دیم در استان های شمال غرب کشور. دانش کشاورزی، جلد ۱۸، شماره ۴، صفحه‌های ۶۵ تا ۸۰.

فیضی‌اصل، و.، توشیح، و.، طلیعی، ع. ا. و بلسون، و. آ ۱۳۸۲.تعیین سطح بحرانی آهن، منگنز، روی ، مس و بور در خاک در گندم دیم در شمال غرب کشور. صفحه‌های ۴۶۱ تا ۴۶۳. هشتمین کنگره علوم خاک ایران،دانشگاه گیلان، رشت.

فیضی‌اصل، و.، ولی‌زاده، غ. ر.، توشیح، و.، طلیعی، ع. ا. و بلسون، و.ب ۱۳۸۲ .تعیین حد بحرانی عناصر کم‌مصرف در خاک‌های گندم دیم در شمال غرب ایران. مجله علوم زراعی ایران، جلد ۵، شماره ۴، صفحه‌های ۲۳۶ تا ۲۴۹.

ملکوتی، م. ج و غیبی، م. ن. ۱۳۷۹. تعیین سطح بحرانی عناصر غذائی موثر در خاک، گیاه و میوه در راستای افزایش عملکرد کمی و کیفی محصولات استراتژیک کشور. نشر آموزش کشاورزی، کرج. ایران.

Adiloglu, A. ۲۰۰۲. Determination of suitable chemical extraction methods for available iron content of the soils from Edirne province in Turkey. Journal of Central European Agriculture, ۳(۳). ۲۵۵-۲۶۲.

Adiloglu, A. ۲۰۰۶. Determination of suitable chemical extraction methods for the available iron content of brown forest soils in Turkey. Eurasian Soil Science, ۳۹(۹): ۹۶۱-۹۶۷.

Benitez, M., Pedrajas, V., Del Campillo, M. and Torrent, J. ۲۰۰۲. Iron chlorosis in olive in relation to soil properties. Nutrient Cycling in Agroecosystems, ۶۲(۱): ۴۷-۵۲.

Del Campillo, M. C. and Torrent, J. ۱۹۹۲. A rapid acid oxalate extraction procedure for the determination of active Fe oxide forms in calcareous soils. Zeitschrift fü r Pflanzenern hrung und Bodenkunde, ۱۵۵(۵): ۴۳۷-۴۴۰.

Derek, R. and Phillips, J. P. ۱۹۸۷. Rapid assay for microbially reducible ferric iron in aquatic sediments. Applied and Environmental Microbiology, ۵۳: ۷. ۱۵۳۶-۱۵۴۰.

Geiger, S. C. and Loeppert, R. H. ۱۹۸۶. Correlation of DTPA extractable Fe with indigenous soil properties of selected calcareous soils. Journal of Plant Nutrition, ۹: ۲۲۹-۲۴۰.
Katyal, J. C and Sharma, B. D. ۱۹۸۰. A new technique of plant analysis to resolve iron chlorosis. Plant and Soil, ۵۵: ۱۰۵-۱۱۹.
Keisling, T. C., and B. Mullinix. ۱۹۷۹. Statistical considerations for evaluation micronutrient tests. Soil Science Society of America Journal, ۴۳: ۱۱۸۱-۱۱۸۴.
Lindsay, W. L. and Norvell, W. A. ۱۹۷۸. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Science Society of America Journal, ۴۲(۳): ۴۲۱-۴۲۸.
Oserkowsky, J. ۱۹۳۳. Quantitative relation between chlorophyll and iron in green and chlorotic pear leaves. Plant Physiology, ۸(۳), ۴۴۹.
Schwertmann, U. ۱۹۶۴. Differenzierung der eisenoxide des bodens durch extraktion mit ammoniumoxalat L sung. Zeitschrift fü r Pflanzenern hrung, Dü ngung, Bodenkunde, ۱۰۵(۳): ۱۹۴-۲۰۲.
Soltanpour, P. N. and Schwab, A. P. ۱۹۷۷. A new soil test for simultaneous extraction of macro and micro nutrients in alkaline soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis, ۸(۳): ۱۹۵-۲۰۷.
Trierweiler, J. F. and Lindsay, W. L. ۱۹۶۹. EDTA-ammonium carbonate soil test for zine۱. Soil Science Society of America Journal, ۳۳(۱): ۴۹-۵۴.

Abstract

In this research, ۲۱ combined surface soil samples (۰-۳۰ cm) of East Azerbaijan province were selected and in greenhouse experiment, corn plant have been cultivated in two levels of Fe (zero and ۱۰ mg Fe/kg soil, as Fe-EDDHA) with ۳ replications. According to the results, Fe extracted by DTPA and AB-DTPA methods had the highest correlation coefficient with growth indices of corn that AB-DTPA due to a correlation coefficient greater than DTPA and multiple simultaneous nutrients extraction, was chosen as the best extractant. Critical level of soil Fe for corn with AB-DTPA based on ۹۰% relative yield, was determined ۶.۱۹, ۴.۴ and ۴.۵۳ (mg Fe $kg^{-۱}$ soil) by using plant response column order procedure, graphical Cate-Nelson, Mitscherlich-Bray, respectively and As well as to achieve a ۹۰% relative concentration of active Fe in shoot by using graphical Cate-Nelson and AB-DTPA methods, critical soil Fe level were ۴.۸ (mg Fe $kg^{-۱}$ soil). Mitscherlich-Bray equation coefficient $C_۱$ and $C_۲$, for AB-DTPA-Fe were ۰.۲۲۰۷ and ۰.۰۵۵۶ (kg soil $mg^{-۱}$Fe).