ارزیابی آزمایشگاهی و گلخانه ای یک نوع کلات آهن تولید داخل (pzt-Fe)

علی اصغر شهابی [۱]، اسماعیل حقیقت [۲]، محمد صادق حاتمی پور [۳]
۱- عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، ۲- کارشناس مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، ۳- عضو هیأت علمی گروه مهندسی شیمی دانشگاه اصفهان

چکیده
استفاده از ترکیبات آهن به صورت کلات به گونه ای که از پایداری لازم در شرایط خاک برخوردار باشد، از جمله راهکارهای مقابله با کمبود آهن است. مناسب ترین کلات آهن در شرایط خاک های آهکی، سکوسترون ۱۳۸ آهن (Fe-EDDHA) می باشد و در بسیاری از موارد مصرف آن در عرصه باغ ها و مزارع مقرون به صرفه نمی باشد. تلاش های زیادی در جهت تولید کلات آهن مناسب در داخل کشور صورت گرفته تا جایگزینی برای نوع خارجی باشد. این پژوهش بر روی یک نوع کلات آهن تولید داخل(pzt-Fe) محصول شرکت توسعه فناوری حکمت ایرانیان با هدف بررسی کیفیت ترکیب و نیز مقایسه اثربخشی آن در مقایسه با سکوسترون ۱۳۸ آهن (وارداتی) انجام شد. نتایج حاصل از اندازه گیری های آزمایشگاهی نشان داد ،کلات مورد آزمایش تولید داخل در مقابل pH های ۵ ، ۶ ،۷ و ۵/۸ مانند سکوسترون ۱۳۸ آهن کاملاً پایدار بوده به طوری که تغییری در میزان آهن کل اندازه گیری شده در تمامی pH های ذکر شده وجود نداشت. علاوه بر این غلظت آهن کل در کلات آهن تولید داخل وکلات آهن وارداتی (سکوسترون ۱۳۸ آهن) به ترتیب ۵/۷ و ۶ درصد بود. آزمایشات گلخانه ای بر روی سه گیاه سویا، ذرت و کدو که در قالب طرح آماری کاملا تصادفی و در سه تکرار انجام شد نیز نشان داد اضافه کردن کلات آهن تولید داخل به دلیل پایداری در شرایط خاک همانند کلات آهن وارداتی (سکوسترون ۱۳۸ آهن) سبب افزایش میزان آهن قابل جذب در خاک گردیده است. در مورد دو گیاه ذرت و سویا تیمارهای مصرف کلات آهن تولید داخل و کلات خارجی هر دو بطور معنی داری سبب افزایش شدت سبزی برگ و غلظت آهن در اندام هوایی شده بود لکن در ذرت وزن خشک اندام هوایی نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان نداد در حالیکه این افزایش وزن خشک در گیاه سویا در هر دو تیمار در مقایسه با تیمار شاهد افزایش معنی داری داشت. در مورد گیاه کدو هیچکدام از شاخص های گیاهی مورد اندازه گیری مربوط به تیمارهای مصرف کلات آهن تفاوت معنی داری با تیمار شاهد نداشتند.

واژه های کلیدی: کلات آهن ، اثربخشی ، پایداری.

مقدمه
کمبود آهن در گیاهان و به ویژه درختان میوه به عنوان یک عارضه متداول در خاک های آهکی می باشد. یکی از روش های درمان کمبود آهن در این خاک ها استفاده از ترکیبات کلات شده با آهن است. بسیاری از کلات های آهن در pH بالا ناپایدار بوده و برای مصرف در خاک های آهکی مناسب نیستند. Fe-EDDHA با نام تجارتی سکوسترون ۱۳۸ آهن تنها کلات آهنی است که در شرایط خاک های آهکی پایدار است. pH خاک های آهکی معمولا بین ۵/۷ تا ۲/۸ مي‌باشد . پایداری این کلات با آهن سه ظرفیتی بسیار بالا مي‌باشد. هنگامی که آهن متصل به کلات، احیا و دو ظرفیتی شود اتصال بین آهن و عامل کلات کننده بسیار سست شده و این دو از هم جدا مي‌شوند. این عمل در مجاورت ریشهٔ گیاه رخ مي‌دهد. ریشه گیاهان، به ویژه گیاهان راهبردی I، دارای قدرت احیاء کنندگی بالا مي‌باشند. آهن دو ظرفیتی حاصل، جذب ریشه شده و عامل کلات کننده دوباره با آهن دیگری پیوند برقرار مي‌کند (Marschner, ۱۹۹۵).. رسوبات آهن دار موجود در خاك مي‌توانند منبع تأمین آهن برای عامل کلات کننده باشند. به همین علت تنها درصد کمی از آهن جذب شده در گیاه از آهن موجود در کلات بوده و بقیه از آهن بومی خاك تأمین مي‌شود. این روند تا هنگامی که عامل کلات کننده تجزیه میکروبی نشود، ادامه مي‌یابد. قیمت گران کلات های آهن مهمترین عامل بازدارنده مصرف آنها مي‌باشد به گونه ای که در موارد محدودی مقرون به صرفه مي‌باشد (سمر، ۱۳۷۷). در این شرایط تلاش های زیادی توسط محققین داخلی برای تولید کلات آهن مناسب خاک های آهکی کشور صورت گرفته و یا در حال انجام است که بسیاری از این ترکیبات تولید شده در مراحل اولیه ارزیابی در آزمایشگاه، شامل آزمون پایداری کلات مورد نظر در مقابل pH معادل ۸ تا ۱۰، فاقد کارآیی لازم تشخیص داده می شوند و برخی نیز از پایداری خوبی برخوردار بوده و در مرحله ارزیابی اثر بخشی آن در گلخانه یا مزرعه دارای اثرات کم تا نسبتاً خوب هستند. لذا این مطالعه بر روی یک نوع کلات آهن تولید داخل، جهت ارزیابی در مراحل آزمایشگاهی و میزان اثر بخشی آن در شرایط گلخانه بر روی سه گیاه صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

ارزیابی مقدماتی (آزمایشگاهی)

در مرحله ارزیابی مقدماتی، پایداری کلات آهن(pzt-Fe) تولیدی توسط شرکت توسعه فناوری حکمت ایرانیان در مقابل pH های ۵ ، ۶ ، ۷ و ۵/۸ مورد بررسی قرار گرفت. به علاوه از سکوسترون آهن(Fe-EDDHA) به عنوان مرجع و مبنای مقایسه استفاده گردید. در این قسمت از هر دو ترکیب به طور جداگانه محلول ۱ درصد تهیه و سپس محلول ۰۰۱/۰ و ۰۰۰۱/۰ (ده هزار برابر رقت) نیز تهیه و سطوح pH بر آن اعمال گردید. پس از ۲۴ ساعت از زمان اعمال تیمار pH ، وضعیت ظاهری محلول از نظر تشکیل رسوب یا لخته شدن مورد بررسی و سپس غلظت آهن توسط دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شد.

آزمایش ستون خاک

جهت بررسی میزان تحرک آهن از منابع مختلف از استوانه هایی به ارتفاع ۴۰ و قطر ۱۵ سانتیمتر استفاده گردید. در کف استوانه ها سوراخ هایی برای خروج زه آب تعبیه شد و تا ارتفاع ۲۰ سانتیمتر از خاک مورد استفاده در آزمایش گلخانه ای پر گردید و سپس محلول ۱ در هزار آهن از ترکیبات مختلف تهیه و به میزان ۲ لیتر به هر کدام از تیمارها (کلات آهن مورد آزمایش و کلات آهن وارداتی) اضافه گردید و طی مدت زمان ۲۴ ساعت زه آب خروجی جمع آوری و غلظت آهن در زه آب اندازه گیری گردید. در این آزمایش به تیمار شاهد ۲ لیتر آب معمولی اضافه گردید. لازم به یادآوری است که هر تیمار آزمایش در سه تکرار انجام شد.

ارزیابی میزان اثر بخشی (آزمایش گلخانه ای)

به منظور بررسی میزان اثر بخشی کلات آهن مورد نظر، آزمایش گلخانه ای بر روی سه گیاه مختلف در قالب سه طرح آماری کاملاً تصادفی با سه تیمار و در سه تکرار در محل گلخانه تحقیقاتی بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان اجرا گردید. گیاهان مورد استفاده ذرت (*Zea mays*)، سویا (*Glycine max*) به عنوان گیاه شاخص و حساس به کمبود آهن و کدو (*Cucurbita maxima*) بود.

آزمایش به صورت گلدانی و کشت در محیط خاک صورت گرفت. قبل از انتقال خاک به گلدان ها خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن شامل: بافت (به روش هیدرومتری) ، درصد آهک (به روش تیتراسیون) ، موادآلی (به روش والکی و بلاک) ، شوری، ازت کل (به روش کجلدال)، فسفر و پتاسیم قابل جذب (به روش استات آمونیوم و دستگاه فلیم فتومتر)، آهن، روی ، مس و منگنز قابل جذب به روش عصاره گیری با DTPA و با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شد. هر گلدان ۳ کیلوگرمی به منزله یک واحد آزمایشی منظور شد که سه گیاه در آن کشت گردید. ضمناً ابتدا بذر گیاهان در جعبه نشاء در محیط پیت ماس کشت گردید و پس از ۲۵ روز به گلدان های اصلی منتقل شدند. تیمار های مورد استفاده در هر آزمایش به شرح زیر بود.

T۱- تیمار شاهد (عدم مصرف کلات آهن)، T۲- تیمار مصرف کلات آهن تولید داخل (Pzt-Fe) و T۳- تیمار مصرف کلات آهن وارداتی یا (سکوسترون ۱۳۸آهن (Fe -EDDHA)) مصرف کلات آهن در تیمار های دوم و سوم طی دو نوبت و به میزان ۱ گرم برای هر گلدان در هر نوبت و به صورت کود آبیاری بود. اولین نوبت مصرف ۱۵ روز بعد از انتقال نشاء و دومین نوبت یک هفته بعد از نوبت اول بود. پس از گذشت هفت هفته از زمان انتقال نشاء و قبل از برداشت ، شدت سبزی برگ ها با استفاده از دستگاه کلروفیل متر مدل اسپاد ۵۰۲ اندازه گیری شد و بعد از آن گیاهان کف بر گردیده و پس از آماده سازی نمونه ها عملکرد ماده خشک اندام هوایی و غلظت آهن در هر یک از تیمار ها اندازه گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری نتایج توسط نرم افزار MSTATC و مقایسه میانگین ها توسط آزمون دانکن صورت گرفت.

نتایج و بحث

خاک مورد استفاده دارای بافت نسبتاً سنگین (لوم رسی) ، فاقد شوری و دارای میزان آهک نسبتاً بالایی بوده و شرایط معمول خاک های منطقه را دارا بود. خاک از نظر مواد آلی فقیر و غلظت فسفر و پتاسیم قابل جذب و عناصر ریز مغذی روی، مس و منگنز به اندازه ای بود که نیاز به افزودن این عناصر به خاک نبود. اندازه گیری غلظت آهن در ترکیبات کلاتی به کار رفته در آزمایش، نشان داد که غلظت آهن درسکوسترون آهن(Fe-EDDHA) برابر ۶ درصد و در نمونه کلات آهن تولید داخل ۵/۷ درصد است. مشاهدات ظاهری مربوط به نمونه های با درجه رقت ۱۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ که با pH معادل ۵، ۶ ، ۷ ، ۵/۸ و ۱۰ تیمار گردیده بودند، پس از گذشت ۲۴ ساعت فاقد هر گونه رسوب و یا لخته شدن بودند ولی در pH معادل ۱۰ کلات آهن تولید داخل به مقدار بسیار جزئی دارای رسوب بود. اندازه گیری مقدار آهن بدون تکان دادن نمونه ها پس از مدت زمان ۲۴ ساعت حاکی از عدم تفاوت معنی دار غلظت آهن در تیمارهای pH معادل ۶ ، ۷ و ۵/۸ بود ولی میزان آهن در نمونه تولید داخل در pH معادل ۱۰ به میزان ۵/۲۲ درصد کاهش یافته بود. از آنجا که pH معمول خاک های زراعی کشور (خاک های آهکی) بیشتر در محدوده ۲/۷ تا ۸ می باشد، لذا این کاهش غلظت در pH معادل ۱۰چندان حائز اهمیت نمی باشد. جدول شماره ۱ نتایج تجزیه واریانس مربوط به غلظت آهن در زه آب خروجی از ستون های خاک را نشان می دهد. چنانکه از این جدول بر می آید، تفاوت معنی داری بین غلظت آهن محلول در زه آب خروجی از تیمارها وجود ندارد و این نتیجه حاکی از عدم تحرک آهن در ستون خاک مورد آزمایش حتی در تیمار سکوسترون آهن بوده است.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس مربوط به غلظت آهن محلول در زه آب خروجی از ستون خاک

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
		غلظت آهن محلول در زه آب

تکرار	۲	۰۰۹۹/۰ ns
تیمار	۲	۵۵۷۶/۰ ns
خطا	۴	۳۳۵۳/۰

cv=۱۴/۶

.غیر معنی‌دار می‌باشد ns

جدول ۲ نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثر تیمارها بر میزان آهن قابل جذب خاک ، شدت سبزی برگ، وزن خشک و غلظت آهن در اندام هوایی گیاه ذرت را نشان می دهد. چنانکه جدول نشان می دهد تیمارهای مورد استفاده اثر معنی داری (در سطح ۱ درصد) بر میزان آهن قابل جذب ، شدت سبزی برگ و غلظت آهن در اندام هوایی ذرت داشته، ولی این اثر بر وزن خشک اندام هوایی معنی دار نبوده است.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثر تیمارها بر خصوصیات مورد اندازه گیری در آزمایش ذرت

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		اهن قابل جذب در خاک	شدت سبزی برگ	وزن خشک اندام هوایی	غلظت اهن در اندام هوایی
تکرار	۲	۶۰/۰ ns	۱۱/۳ ns	۲۵/۱ ns	۴۴/۱۹۲ ns
تیمار	۲	۶۴/۴۰ **	۷۷/۸۴ **	۷۵/۷ ns	۶۴/۴۸۳۰ **
خطا	۴	۲۷/۰	۹۴/۳	۲۳/۶	۱۱/۲۱۱
		cv=۸۴/۶	cv=۱۶/۶	cv=۸۲/۱۳	cv=۷۱/۱۱

** در سطح ۱ درصد معني‌دار بوده و n.s غير معني‌دار مي‌باشد.

میزان آهن قابل جذب خاک در تیمارهای کلات آهن در مقایسه با تیمار شاهد بیش از دو برابر افزایش یافت. این نتیجه حاکی از پایداری بالای کلات آهن تولید داخل و قابل رقابت بودن و جایگزین مناسب این ترکیب از نظر پایداری در مقایسه با سکوسترون ۱۳۸ آهن است. شدت سبزی برگ در تیمارهای دوم و سوم در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب ۲۷ و ۳۹ درصد افزایش یافت. از آنجا که میزان آهن قابل جذب خاک در محدوده کمبود قرار داشت لذا این نتیجه یعنی افزایش شدت سبزی برگ مؤید آن است که هر دو کلات مورد استفاده از کارایی خوبی جهت برطرف کردن زردی برگ ناشی از کمبود آهن را دارا بوده اند. غلظت آهن در تیمارهای دوم و سوم نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی داری داشت ولی دریک گروه آماری قرار گرفتند که این حاکی از اثرات مثبت و یکسان کلات آهن تولید داخل و کلات خارجی (سکوسترون ۱۳۸) بر غلظت آهن جذب شده توسط گیاه ذرت می باشد. تیمارهای مختلف آزمایش تأثیر معنی داری بر وزن خشک اندام هوایی ذرت نداشت و دلیل آن برداشت زودهنگام بوته ها در آزمایش بود و در صورت رشد بیشتر گیاه، اثرات مثبت آهن جذب شده در افزایش وزن خشک نیز ظاهر می شد. جدول ۳ نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثر تیمارها بر میزان آهن قابل جذب خاک ، شدت سبزی برگ، وزن خشک اندام هوایی و غلظت آهن در اندام هوایی گیاه سویا را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود تمامی شاخص های فوق بطور معنی داری تحت تأثیر کلات های آهن مورد استفاده در تیمار دوم و سوم قرار گرفته اند.

جدول ۳-نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثر تیمارها بر خصوصیات مورد اندازه گیری در آزمایش سویا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		اهن قابل جذب در خاک	شدت سبزی برگ	وزن خشک اندام هوایی	غلظت اهن در اندام هوایی
تکرار	۲	۱۱/۰ ns	۳۳/۱ ns	۳۶/۰۰	۰۰/۴ ns
تیمار	۲	۳۷/۴۴ **	۰۰/۹۱ *	۲۲/۰۰	۳۳/۴۷۹۰ *
خطا	۴	۳۳/۰	۳۳/۱۰	۰۳/۰	۳۳/۳۹۹
		cv=۶۱/۶	cv=۶۱/۱۲	cv=۵۶/۱۲	cv=۳۲/۲۰

* در سطح ۵ درصد و** در سطح یک درصد معني‌دار بوده و ns غير معني‌دار مي‌باشد.

کلات آهن وارداتی (سکوسترون ۱۳۸ آهن) سبب افزایش بیشتر غلظت آهن قابل جذب در خاک در مقایسه با کلات تولید داخل شد و این پدیده می تواند بیانگر پایداری بیشتر کلات آهن وارداتی نسبت به کلات آهن تولید داخل در خاک باشد. تیمارهای مورد استفاده اثرات یکسانی در افزایش میزان سبزی برگ ها در مقایسه با شاهد داشت. شدت سبزی برگ با افزایش غلظت آهن در اندام هوایی گیاه انطباق دارد که این امر نشان از تأثیر آهن جذب شده از منابع مختلف کودی بر ساخت کلروفیل و ایجاد سبزینگی بیشتر در این تیمارها در مقایسه با تیمار شاهد است. هر دو منبع کودی سبب افزایش معنی دار وزن خشک اندام هوایی گردید. جدول ۴ نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثر تیمارها بر میزان آهن قابل جذب خاک ، شدت سبزی برگ، وزن خشک اندام هوایی و غلظت آهن در اندام هوایی گیاه کدو را نشان می دهد.

جدول ۴-نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثر تیمارها بر خصوصیات مورد اندازه گیری در آزمایش کدو

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		اهن قابل جذب در خاک	شدت سبزی برگ	وزن خشک اندام هوایی	غلظت اهن در اندام هوایی
تکرار	۲	۰۱/۰ ns	۴۴/۱۹ ns	۲۱/۰ ns	۴۴/۳۲۱ ns
تیمار	۲	۱۷/۵۰**	۴۴/۲۳ ns	۵۶/۱ ns	۳۳/۴۹۱۶**
خطا	۴	۵۴/۰	۷۷/۴	۹۴/۴	۶۶/۳۰۶
		cv=۳۹/۸	cv=۱/۶	cv=۰۷/۱۴	cv=۸۳/۱۱

** در سطح ۱ درصد معني‌دار بوده و n.s غير معني‌دار مي‌باشد.

تیمارهای مورد آزمایش بر وزن خشک اندام هوایی ، شدت سبزی برگ و غلظت آهن در اندام هوایی گیاه اثر معنی داری نداشتند ولی غلظت آهن قابل جذب خاک بطور معنی داری (در سطح ۱ درصد) افزایش یافت. به نظر می رسد اگر چه مصرف کلات آهن سبب افزایش غلظت آهن در خاک گردیده است ولی گیاه کدو با وجود آهک بالای خاک و بالا بودن غلظت بی کربنات ناشی از وجود آهک و به دنبال آن مشکل کمبود آهن که در بسیاری از گیاهان اتفاق می افتد، توانسته است در این شرایط آهن مورد نیاز خود را جذب کرده ودر متابولیسم مصرف نماید، لذا مصرف آهن در خاک سبب افزایش رشد و همچنین افزایش شدت سبزی برگ در مقایسه با تیمار شاهد نگردیده است.

منابع

Marschner, H. ۱۹۹۵. Mineral Nutrition of Higher Plants. ۲nd (ed.), Academic Press, New York.

سمر، سید محمود ۱۳۷۷ رفع کلروز آهن درختان سیب از طریق تماس جزئی ریشه با مواد فاقد کربنات کلسیم پایان نامه دکتری گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران .

Abstract

Iron deficiency in soils could be overcome by using chelated Iron compounds that remain stable in soil conditions. The suitability of Sequestrene® ۱۳۸ for preventing iron chlorosisand protecting iron availability in the most challenging soils that are alkaline or calcareousis already proved, but the high price of this micronutrient is the most prohibitive factor for its vast use by farmers.

Several attempts have been made by Iranian researchers for production of domestic iron chelates. The present study is carried out for investigation and comparison of a domestic iron chelate named pzt-Fe (produced by Hekmat Iranian Technology Development Co., Isfahan, Iran) with Sequestrene® ۱۳۸. The results indicated that pzt-Fe is stable in a wide range of pH's from ۵-۸.۵ and no change is observed in its total iron content at all pH's.

In addition, the iron concentration in pzt-Fe and Sequestrene® ۱۳۸were ۷.۵ and ۶%, respectively.

The results of greenhouse tests on three soybean, corn and squash showed that the action of pzt-Fe addition to soil is the same as that observed by the addition of Sequestrene® ۱۳۸, and this iron chelate can provide plant available forms of iron for an extended period of time.