



اثر کودهای مصرفی محتوی آهن بر میزان عملکرد و جذب آهن در گیاه سویا

غلامرضا نوده شریفی^۱، اسماعیل دردی پور^۲

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

gh_nodehsharifi2012@yahoo.com

۲- دانشیار و عضو هیئت علمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

E.dordipour@yahoo.com

چکیده

جهت بررسی وضعیت کودهای مصرفی آهن، آزمایشی گلدانی روی سویا رقم ویلیامز (*Glycine max cv. Williams*) به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی که فاکتور اول تعداد ۱۰ نوع خاک و فاکتور دوم دو سطح کودی آهن است، در سه تکرار انجام گردید. هدف از این تحقیق، مطالعه تاثیر کودهای مصرفی آهن در بین اجزای مختلف ۱۰ نمونه خاک از مناطق مختلف استان گلستان و رابطه آن با ویژگی‌های خاص خاک می‌باشد. برای جداسازی و تعیین شکل‌های شیمیایی آهن، از روش سینگ و همکاران (۱۹۹۸) استفاده گردید. پس از کشت گیاه و رسیدن به مرحله ۶ تا چند برگگی، توسط دستگاه کلروفیل‌متر، میزان کلروفیل برگ‌های بالایی، پایینی، سالم، کلروزی و تعداد برگ کلروزی قرائت شد. نتایج نشان داد شاخص کلروفیل متری در برگ‌های سالم در تیمارهای کودی بطور معنی‌داری بیشتر از شاهد بود و در برگ‌های بالایی بین تیمارهای کودی سکوسترین آهن و سولفات آهن+ ماده آلی+باکتری سیدروفور، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و هر دو بطور معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد و سولفات آهن تنها بودند. مصرف سکوسترین آهن باعث افزایش شاخص کلروفیل، غلظت و جذب آهن شد. در مقابل مصرف سولفات آهن به تنهایی اثر چندانی در رفع کلروز آهن، افزایش شاخص کلروفیل، عملکرد گیاه و جذب آهن نداشت ولی مصرف آن به همراه ماده آلی و باکتری سیدروفور اثر چشمگیری در کاهش کلروز برگگی و افزایش معنی‌دار شاخص کلروفیل و جذب آهن گذاشت و نتایجی شبیه مصرف سکوسترین آهن نشان داد. بنابراین، برای افزایش کارایی سولفات آهن توصیه می‌شود که به همراه ماده آلی و سیدروفور مصرف گردد. همچنین آن جایگزین مناسبی برای سکوسترین آهن گران قیمت، می‌تواند باشد.

کلمات کلیدی: سکوسترین آهن، سولفات آهن، کلروفیل، سویا



۱. مقدمه و هدف

عناصر کم مصرف در تولید و بهره‌وری گیاهان نقش مهمی را ایفا می‌کنند. در بین عناصر کم مصرف عنصر آهن یکی از عناصر ضروری برای گیاه است و نقش اساسی در ساختار و عملکرد کلروپلاست دارد که در رشد حیاتی و فرآیندهای توسعه گیاه مثل: سنتز کلروفیل و انتقال الکترون در میتوکندری و چرخه فتوسنتز دخالت دارد (سالاردینی، ۱۳۸۴). میزان ۵ درصد وزن پوسته زمین را آهن تشکیل می‌دهد و همواره در همه خاک‌ها یافت می‌شود. همبستگی ضعیفی بین مقدار کل عناصر در خاک و جذب گیاهی وجود دارد زیرا بخش زیادی از مقدار کل عناصر برای گیاهان قابل دسترس نیستند. امروزه توزیع، تحرک و زیست دسترسی عناصر در محیط بطور گسترده‌ای مورد مطالعه قرار گرفته و مشخص شده که تنها وابسته به غلظت کل آن‌ها نیست بلکه به فاز جامدی که با آن‌ها پیوند یافته نیز مرتبط است (فیلگورز و همکاران، ۲۰۰۲). همانند سایر عناصر آهن می‌تواند با اجزای مختلف خاک پیوند یابد که این اجزای توانایی متفاوتی در نگهداشت و رهاسازی آهن دارند. آهن در خاک به شکل اسیدها، هیدروکسیدها، فسفات‌ها و در شبکه ساختمانی کانی‌های سیلیکاتی اولیه یا کانی‌های ثانویه یافت می‌شود (تسیر و همکاران، ۱۹۹۵).

غلظت آهن در گیاه می‌تواند به طور قابل ملاحظه‌ای متغیر باشد. سطح مناسب آهن برای گیاهان در دامنه ۲۵۰-۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم است. سطح بحرانی آهن در گیاه ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم است. به طوریکه اگر غلظت آهن کل در ماده خشک ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم باشد، احتمالاً کمبود آهن رخ می‌دهد که می‌تواند به دلیل نافرهمی یا جذب ناکافی عنصر باشد. غلظت آهن در برگ‌های جوان گیاهان می‌تواند در حد ۳۰۰ تا ۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم باشد (مورت و، ۱۹۹۱). میزان آهن برگ‌های کلروزه نشان می‌دهد، اغلب آهن کل برگ معادل یا بیشتر از گیاهان کنترل شده می‌باشد (باسار، ۲۰۰۳). میانگین وزن آهن در پوسته زمین ۳/۸ درصد است و مقدار آهن کل ۱/۷ تا ۴/۸ درصد می‌باشد که در محدوده طبیعی گزارش شده برای خاک‌ها ۰/۵ تا ۵ درصد گزارش شده است (لیون و همکاران، ۱۹۸۲). آهن به مقداری نسبتاً کم بوسیله گیاه جذب می‌شود به طوری که سطح بحرانی آن ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم در خاک می‌باشد (اگروال، ۱۹۹۲). در حالی که لندسی و نورول، (۱۹۷۸) حد بحرانی آهن را ۲/۵ تا ۴/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش نمودند.

در خاک‌های آهنی حد بحرانی آن ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳). آهن به دو شکل فروس (Fe^{2+}) و فریک (Fe^{3+}) در خاک وجود دارد. قبل از اینکه آهن توسط گیاه جذب شود باید از شکل فریک به فروس تبدیل شود. بنابراین فروس، شکل آهن قابل استفاده گیاه است. به طور کلی گیاهان از دو استراتژی مشخص برای محلول نمودن و جذب آهن از خاک استفاده می‌کنند: دسته‌ای از گیاهان شامل گیاهان دو لپه‌ای و تک لپه‌ای‌های غیر گرامینه‌ای در عکس‌العمل به کمبود آهن یک سری واکنش‌ها و تغییراتی از لحاظ شکل و وظایف فیزیولوژیکی در ریشه-هایشان صورت می‌دهند که این تغییرات موجب افزایش توانایی گیاه برای حل و جذب نمودن آهن از محیط می‌گردد. گیاهان این دسته برای جبران کمبود آهن، در داخل ریشه خود پروتون (احیا کننده) ایجاد کرده که این پروتون به خارج از ریشه پمپ شده و در نتیجه آهن فریک به آهن فروس تبدیل می‌گردد که بیشتر قابل جذب گیاه است. یا اینکه ریشه یک مقداری مواد کلات کننده ایجاد می‌کند که این مواد کلات کننده هم آهن دو و هم آهن سه را می‌توانند کلات کرده و در اختیار گیاه قرار دهد.



دسته دیگر از گیاهان که شامل گرامینه‌ها و گراس‌ها می‌باشند، می‌توانند از طریق ترشح لیگاند های آلی با وزن مولکولی کم، به نام سیدروفور که یک آمینو اسید غیر پروتئینی است. یون‌های Fe^{3+} را حل نموده و برای جذب آماده سازند (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۲).

بهترین کود محتوی آهن در خاک‌های آهکی نظیر اکثریت قریب به اتفاق خاک‌های ایران، ترکیبات شیمیایی با بنیان EDDHA-Fe و DTPA-Fe (سکوسترین آهن-۱۳۸) می‌باشد. این کودها فقط به صورت مصرف خاکی و یا به صورت استفاده در آبیاری تحت فشار در درختان و زراعت‌هایی که به صورت نواری آبیاری می‌شوند، توصیه می‌گردد و استفاده از آنها به صورت محلول پاشی موثر نخواهد بود زیرا این کودها در اثر نور تجزیه می‌شوند (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۶). مقدار مصرف کود سکوسترین آهن-۱۳۸ که حاوی شش در صد آهن می‌باشد بسته به سن درخت ۵۰ تا ۱۵۰ گرم برای هر درخت در روش خاکی توصیه شده است که در زمستان در نیمه خارجی سایه انداز درخت در زیر قطره چکان‌ها مصرف می‌شود. از کودهای مناسب دیگر، کلات‌های آهن با بنیان EDTA-Fe (با نام تجاری فتریلون) می‌باشد که محتوی شش در صد آهن بوده و مخصوص خاک‌های اسیدی است و مصرف آن به صورت محلول پاشی می‌باشد. کود دیگری به اسم کود میکروی کامل توسط تولیدکننده‌گان داخل کشور تولید شده و به بازار آمده است. این کود غیر کلاته و ارزان است و به صورت محلول پاشی و یا چالکود قابل مصرف است. البته کودهای دیگری نظیر سولفات آهن آبدار، با حداقل ۱۹ در صد آهن و سولفات آهن خشک با ۲۴ درصد آهن نیز در بازار موجود است. ولی از آنجایی که اکثریت قریب به اتفاق خاک‌های زراعی ایران آهکی است و مصرف سولفات آهن در این خاک‌ها موجب تثبیت سریع آن و تبدیل آن به فرم‌های غیر قابل جذب می‌گردد، لذا مصرف خاکی آن بجز به صورت موضعی توصیه نمی‌گردد (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۶).

در رابطه با مصرف آهن در برخی از گیاهان و یا ارقام، مشاهده شده است که به طور نسبی به موازات افزایش سریعتر میزان آهن، افزایش تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین نیز تا حد افزایش یافته و این دو صفت باهم همبستگی منفی ندارند. بنابراین چنین به نظر می‌رسد در بیشتر ارقام مورد آزمون بین زمان‌های مصرف آهن، فقط در یک مرحله تفاوت معنی داری در وزن هزاردانه مشاهده شده و مصرف تکمیلی آهن از آغاز گلدهی از طریق تحریک رشد رویشی منجر به انتقال مواد فتوسنتزی به مخازنی نظیر دانه‌ها گردیده است (مالانگودا و همکاران، ۱۹۹۵).

هدف از این تحقیق، بررسی چگونگی وضعیت کودهای مصرفی آهن با ویژگی‌های خاص خاک و میزان عملکرد و جذب آهن در گیاه سویای کشت شده می‌باشد. گیاه سویا یکی از محصولات کشاورزی شناخته شده در کره زمین است که نسبت به دیگر گیاهان دارای مواد مفید زیاد است. گیاه سویا یک گیاه افراشته، کرکین از ۰/۶ تا ۱/۵ متر (۲ تا ۵ فوت) طول دارد. سویا شامل ۰/۳۸ پروتئین، ۰/۱۸ روغن (۰/۵٪ لیستین) ۰/۱۵ کربوهیدرات محلول (ساکارز، استاکیوز، رافینوز...)، ۰/۱۵ کربوهیدرات نامحلول (فیبروزیمی) و ۰/۱۴ مواد دیگر (مانند خاکستر و رطوبت) است (پوستینی و همکاران، ۱۳۸۴).

سطح کشت سویا در کشور در سال ۲۰۱۱، ۰/۰۹ میلیون هکتار بود. در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ حدود ۸۴ هزار هکتار برآورد شد. سطح سویا در استان گلستان در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ حدود ۵۴۶۷۸ هکتار برآورد شد که ۴۹۶۰۰ هکتار آن آبی و ۵۰۷۸ هکتار به صورت دیم بوده است. استان گلستان با ۶۵/۰۳ درصد از سطح برداشت سویای کشور، بیشترین سطح را داراست. میزان تولید سویا در استان گلستان حدود ۱۳۰۳۱۲/۰۴ تن برآورد شد که استان گلستان با ۶۲/۸۱ درصد تولید سویای کشور در جایگاه نخست تولیدکنندگان این محصول قرار گرفته است. راندمان تولید در هکتار سویای آبی استان گلستان ۲۴۷۳/۳۷ کیلوگرم و عملکرد دیم ۱۵۰۳/۱۶ کیلوگرم بوده است (آمارنامه کشاورزی، ۱۳۸۹).



۲. مواد و روش‌ها

به منظور بررسی توزیع شکل‌های آهن در خاک‌هایی با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مختلف تعداد ۱۰ نمونه مرکب از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری نواحی مختلف زمین‌های کشاورزی استان گلستان جمع‌آوری گردید. نمونه‌های هوا خشک شده به آرامی کوبیده شده و از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شدند. پ.هاش خاک در گل اشباع به وسیله‌ی دستگاه پ.هاش متر (مدل WTW pH720) با الکتروود شیشه‌ای تعیین شد (جکسون، ۱۹۶۷). قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع با هدایت سنج (مدل WTW cond720) اندازه‌گیری و در ۲۵ درجه سانتی‌گراد گزارش گردید (روآدز، ۱۹۸۲). بافت خاک پس از اکسیداسیون مواد آلی به روش هیدرومتری بایوکس با اعمال تصحیحات دمایی (بایوکس، ۱۹۶۲) تعیین گردید. مقدار کربنات کلسیم آزاد خاک به روش خنثی کردن مواد خنثی شونده با اسید کلریدریک و تیتراسیون اسید اضافی با سود تعیین شد (پیچ و همکاران، ۱۹۸۲). مواد آلی به روش اصلاح شده والکی بلک (نلسون و سامرز، ۱۹۸۲) اندازه‌گیری شد و ظرفیت تبدلی کاتیونی خاک به روش اشباع باور انجام گرفت (چاپمن، ۱۹۶۵). آهن قابل استفاده با DTPA استخراج (لیندزی و نورول، ۱۹۷۸) و با دستگاه جذب اتمی (مدل Unicam 919AA) قرائت گردید. برای جداسازی و تعیین شکل-های شیمیایی آهن در خاک‌ها از روش سینگ و همکاران (۱۹۸۸) استفاده شد. این روش آهن را به شکل‌های تبدلی، کربناتی، آلی، اکسیدهای منگنز، اکسیدهای آهن بی شکل و متبلور و آهن باقیمانده جدا می‌کند. بعد از عصاره‌گیری آهن توسط روش فوق در هر مرحله غلظت آهن به وسیله دستگاه جذب اتمی قرائت گردید. برای بررسی رابطه میان شکل‌های مختلف آهن با جذب آهن و پاسخ گیاهی آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتور اول تعداد ۱۰ سری خاک و فاکتور دوم تیمار کودی آهن شامل (۱) شاهد و (۲) ۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم آهن از منبع سکوسترین آهن برای هر گلدان می‌باشد. بقیه عناصر غذایی از جمله ازت، فسفر و عناصر کم مصرف بر اساس آزمون خاک به طور یکسان به همه تیمارها داده شد. گیاه سویا کشت گردید. در مرحله گل‌دهی نمونه برگ‌ی تهیه و میزان آهن در آن اندازه‌گیری گردید. برداشت به صورت کف بر و مقادیر وزن خشک و میزان آهن در اندام هوایی گیاه (جونز و کیس، ۱۹۹۰) تعیین می‌گردد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (SAS، ۱۹۹۹) و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

۳. نتایج و بحث

۳-۱. ویژگی‌های خاک‌های مورد مطالعه

برخی از ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در خاک‌های مورد بررسی در جدول ۱ نشان داده شده است. بر اساس این جدول، خاک‌های انتخاب شده دارای دامنه وسیعی از نظر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده می‌باشند. براساس این جدول، در خاک‌های مورد مطالعه pH بین ۷ تا ۷/۶، رس بین ۲ تا ۴۲ درصد، سیلت بین ۲۰ تا ۵۲ درصد، کربنات کلسیم معادل بین ۱/۲ تا ۳۹/۵ درصد، کربن آلی بین ۰/۲ تا ۳/۲ درصد بوده و ظرفیت تبدلی کاتیونی آنها از ۱۳/۴ تا ۱۸/۲ سانتی‌مول بار بر کیلوگرم می‌باشد. همچنین خاک‌های مورد استفاده در آزمایش فاقد محدودیت شوری بوده و محدوده وسیعی از آهن قابل استخراج با DTPA (۰/۹ تا ۱۸/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) که معیاری از آهن قابل استفاده خاک است (لیندزی و نورول، ۱۹۷۸) در آن‌ها دیده می‌شود.



جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی خاک‌های مورد استفاده در این بررسی

CEC	آهن قابل استخراج با DTPA	EC	pH	کربن آلی	کربنات کلسیم معادل	شن	سیلت	رس	سری خاک	شماره خاک
(Cmol+/kg)	(mg/kg)	(dS/m)				(%)				
۱۵/۲	۲/۳	۰/۹	۷/۶	۰/۹	۱۲/۱	۴۰	۳۰	۳۰	علی‌آباد	۱
۱۳/۶	۱/۸	۰/۹	۷/۶	۱/۴	۷/۶	۴۲	۴۲	۱۶	کلاله	۲
۱۴/۸	۵/۴	۰/۹	۷/۶	۰/۲	۹/۲	۷۰	۲۰	۱۰	گالیکش ۱	۳
۱۷/۳	۳/۴	۱/۳	۷/۵	۰/۴	۱/۲	۷۸	۲۰	۲	گالیکش ۲	۴
۱۴/۶	۲	۰/۶	۷/۵	۲/۱	۲۳/۵	۴۲	۲۸	۳۰	آزادشهر ۱	۵
۱۷/۸	۱۲/۵	۲/۱	۷/۵	۱/۳	۳۰/۵	۴۴	۴۰	۱۶	آزادشهر ۲	۶
۱۷/۴	۴/۸	۰/۷	۷/۵	۲/۵	۹/۷	۳۸	۳۸	۲۴	آزادشهر ۳	۷
۱۸/۲	۱۸/۱	۱/۱	۷/۴	۳/۲	۱۶/۴	۴۶	۳۰	۲۴	رامیان	۸
۱۵/۱	۰/۹	۱/۶	۷/۵	۱	۸/۷	۴۴	۴۲	۱۴	گنبد	۹
۱۳/۴	۸/۴	۱/۱	۷	۱/۵	۳۹/۵	۷	۵۲	۴۲	دلند	۱۰

۳-۲. غلظت و جذب کل آهن در گیاه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی خاک بر روی غلظت و جذب آهن به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و اثر اصلی کود نیز در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شدند. اثر متقابل کود و خاک نیز بر روی غلظت و جذب آهن در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شدند (جدول ۲).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس غلظت و جذب کل آهن

میانگین مربعات		درجه آزادی	منبع تغییرات
جذب آهن	غلظت آهن		
۲۵/۱*	۱۷۷۴۳/۲*	۲	تکرار
۴۳/۶**	۱۲۳۸۴/۴*	۹	خاک
۵/۱	۴۵۰۳/۸	۱۸	تکرار×خاک
۱۰۴/۲**	۲۱۰۵۹/۸**	۳	کود
۳۳/۹**	۱۲۳۳۶/۰**	۲۷	کود×خاک
۸/۹	۴۱۰۰/۷	۶۰	خطا
۱۹/۳	۷۳۱۳/۵	۱۱۹	کل
۳۵/۶	۱۷/۹		ضریب تغییرات (%)

و* یعنی در سطح ۵ و ۱ درصد احتمال معنی‌دار است.



۳-۳. اثر کود

براساس نتایج بدست آمده در جدول ۳، مصرف آهن به شکل سکوسترین آهن، سولفات آهن بتنهایی و تیمار سولفات آهن+ ماده آلی+ باکتری سیدروفور باعث افزایش معنی دار غلظت آهن در گیاه نسبت به تیمار شاهد گردید ولی بین خودشان اختلاف معنی داری مشاهده نشد. همچنین مصرف سکوسترین آهن و سولفات آهن به همراه ماده آلی و باکتری سیدروفور موجب افزایش معنی دار جذب آهن توسط گیاه نسبت به تیمار شاهد و سولفات آهن بتنهایی گردید ولی مصرف سولفات آهن بتنهایی اختلاف معنی داری با تیمار شاهد نداشت. اگرچه مصرف کودهای آهن دار موجب افزایش غلظت آهن در گیاه شده است ولی فقط کودهای سکوسترین آهن و سولفات آهن به همراه کود آلی و سیدروفور توانسته است بر جذب آهن توسط گیاه اثر بگذارد و مصرف سولفات آهن به تنهایی کارایی لازم را ندارد. بنابراین، برای افزایش کارایی سولفات آهن توصیه می شود که آن را به همراه ماده آلی و سیدروفور مصرف نمایند. زیرا قیمت کمتر آن می تواند جایگزین مناسبی برای سکوسترین آهن که گران قیمت است، باشد. این نتایج با یافته های علیزاده (۱۳۹۰) مطابقت داشت. مرشدی و همکاران (۱۳۷۹) بیان کردند که با مصرف سولفات آهن به صورت محلول در دو مرحله ساقه رفتن و قبل از گلدهی افزایش هزار دانه، تولید روغن در واحد سطح و غلظت آهن افزایش می یابد. همچنین مصرف سولفات آهن، ماده خشک، عملکرد دانه و جذب آهن را افزایش داد (برنان و همکاران، ۲۰۰۱). براون و جونز (۱۹۷۴) نتیجه گرفتند که کاهش غلظت آهن در سورگوم در اثر کاربرد فسفر به دلیل تاثیر منفی فسفر بر مکانیسم جذب آهن توسط گیاه می باشد.

جدول ۳- مقایسات میانگین تیمارهای کودی برای غلظت و جذب کل آهن در گیاه

تیمار کودی	غلظت آهن (میلی گرم بر کیلوگرم)	جذب آهن (میلی گرم بر گلدان)
شاهد	۳۱۹/۰ b	۶/۱ b
سکوسترین آهن	۳۷۱/۶ a	۹/۹ a
سولفات آهن	۳۶۲/۶ a	۷/۶ b
سولفات آهن+ماده آلی+باکتری سیدروفور	۳۷۷/۵ a	۹/۹ a

میانگین های با حروف مشابه در هر ستون معنی دار نیست (LSD, P. value ≤ 0.05).

۳-۴. اثر خاک

با توجه به جدول ۴، بیشترین میزان غلظت آهن مربوط به خاک کلاله و کمترین میزان آن مربوط به منطقه آزادشهر ۲ می باشد. خاک کلاله از آهک کمتر و خاک آزادشهر ۲ از آهک بیشتری برخوردار بود. بیشترین میزان جذب کل آهن مربوط به خاک گالیکش ۲ و کمترین میزان آن مربوط به خاک های رامیان و گنبد می باشد. خاک گالیکش ۲ دارای کمترین آهک و بیشترین شن بود، خاک رامیان آهک و رس بیشتری داشت و خاک گنبد از کمترین آهن قابل استفاده برخوردار بود (جدول ۱). باورسکو و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که کربنات کلسیم بالا باعث بروز کمبود آهن در گیاه می شود و غلظت کلروفیل، توسعه برگ ها، فتوسنتز، تغذیه معدنی و ماده خشک را کاهش می دهد. کلروز آهن با مقدار رس، کربنات کلسیم معادل و آهن عصاره گیری شده با اگزالات ارتباط دارد (کاناسوراس و همکاران،



(۲۰۱۲). بین کلروز برگی و مقدار رس خاک همبستگی معنی داری وجود دارد (بنتیز و همکاران، ۲۰۰۲) و در مقادیر رس کمتر (آهن قابل استفاده کمتر) و یا بیشتر (تهویه ضعیف) احتمال بروز کمبود آهن بیشتر است.

جدول ۴- مقایسات میانگین بین خاکها برای غلظت و جذب کل آهن گیاه

جذب	غلظت	خاکها
(میلی گرم در گلدان)	(میلی گرم بر کیلوگرم)	
۸/۳ cde	۳۴۹/۵ bcd	علی آباد
۹/۶ bc	۴۱۸/۹ a	کلاله
۸/۶ cd	۳۵۲/۷ bcd	گالیکش ۱
۱۱/۹ a	۳۳۲/۷ cd	گالیکش ۲
۱۰/۸ ab	۳۹۰/۷ ab	آزادشهر ۱
۸/۱ cdef	۳۰۱/۶ d	آزادشهر ۲
۷/۰ def	۳۷۷/۳ abc	آزادشهر ۳
۶/۶ ef	۳۴۹/۱ bcd	رامیان
۶/۶ ef	۳۵۲/۹ bcd	گنبد
۸/۳ cde	۳۵۶/۳ bcd	دلند

میانگینهای با حروف مشابه در هر ستون معنی دار نیست (LSD, $P. value \leq 0.05$).

۳-۵. اثر متقابل خاک و کود برای جذب آهن در گیاه

با توجه به جدول ۵، بیشترین جذب آهن توسط گیاه در تیمار شاهد در خاک رامیان و کمترین آن نیز در خاکهای علی آباد و آزادشهر ۲ مشاهده شد. خاک رامیان رس بالا و بیشترین آهن قابل استفاده (۱۸/۱ میلی گرم بر کیلوگرم) را داشت و خاکهای علی آباد و آزادشهر ۲ با وجود مقدار بالای آهن قابل استفاده (۱۲/۵ میلی گرم بر کیلوگرم) از آهک بالایی (۳۰/۵ درصد) برخوردار می باشد. بیشترین جذب آهن توسط گیاه در تیمارهای مصرف کود سکوسترین آهن در خاکهای گنبد که کمترین مقدار آهن قابل استفاده را دارند و در تیمار مصرف سولفات آهن به همراه ماده آلی و سیدروفور در خاک گنبد با کمترین مقدار آهن قابل استفاده مشاهده شد و کمترین جذب آهن توسط گیاه نیز در خاکهای آزادشهر ۱ و ۲ که بیشترین مقدار آهک و آهن قابل استفاده را داشت مشاهده شد (جدول ۱). بنابراین بیشترین واکنش به مصرف کودها در خاکهای با آهن قابل استفاده کمتر و عکس العمل حداقل گیاه به مصرف این کودها برعکس در خاکهای با آهن قابل استفاده بیشتر مشاهده شد. ابراهیمی (۱۳۹۱) نیز چنین رفتاری را بهنگام مصرف کودهای سولفاتی مشاهده کرد.



جدول ۵- مقایسات میانگین بین اثر متقابل خاک و کود بر روی جذب کل آهن گیاه (میلی گرم در گلدان)

سولفات آهن+ ماده آلی + باکتری سیدروفور	سولفات آهن	سکوسترین آهن	شاهد	خاک ها
۷/۴ghijklmn	۶/۸ghijklmn	۹/۳defghijkl	۳/۹no	علی آباد
۹/۷cdefghij	۸/۶defghijklmn	۱۰/۳cdefghi	۷/۸efghijklmn	کلاله
۴/۹jklmno	۴/۵lmno	۱۱/۲bcdefgh	۵/۹ijklmn	گالیکش ۱
۴/۴mno	۱۲/۴abcdef	۱۲/۶abcde	۷/۷fghijklmn	گالیکش ۲
۹/۲defghijklm	۰/۹o	۶/۷hijklmn	۵/۷ijklmno	آزادشهر ۱
۳/۸no	۸/۴defghijklmn	۱۲/۷abcd	۴/۰no	آزادشهر ۲
۷/۹defghijklmn	۱۱/۷abcdefg	۹/۷defghij	۱۲/۵abcdef	آزادشهر ۳
۶/۲ijklmn	۷/۰ghijklmn	۱۴/۵abc	۱۶/۳a	رامیان
۱۵/۹ab	۴/۶lmno	۱۵/۹ab	۹/۵defghijk	گنبد
۷/۲ghijklmn	۴/۷klmno	۷/۷fghijklmn	۵/۱ijklmno	دلند

میانگین های با حروف مشابه در هر ستون معنی دار نیست (LSD, P. value ≤ 0.05).

۳-۶. مقایسات میانگین شاخص کلروفیل متری

اثر کود

بر اساس نتایج بدست آمده در جدول ۶، شاخص کلروفیل متری در برگ های سالم در تیمارهای کودی بطور معنی داری بیشتر از شاهد بود و تیمار کودی سکوسترین آهن نسبت به دیگر تیمارها بیشترین شاخص کلروفیل متری را داشت و بین تیمار کودی سولفات آهن و سولفات آهن+ ماده آلی+باکتری سیدروفور شاخص کلروفیل متری اختلاف معنی داری وجود نداشت.

جدول ۶- مقایسات میانگین تیمارهای کودی برای شاخص های کلروفیل متری برگ

تعداد برگ	برگ	برگ	برگ	برگ	تیمار کودی
کلروزی	بالایی	پایینی	کلروزی	سالم	
۱۱/۱a	۳۴/۳b	۳۵/۷b	۳۲/۹b	۳۷/۱c	شاهد
۲/۰c	۳۶/۵a	۴۰/۰a	۳۴/۸a	۴۰/۸a	سکوسترین آهن
۸/۱b	۳۴/۹b	۳۵/۷b	۳۳/۳ab	۳۸/۵b	سولفات آهن
۴/۳c	۳۶/۳a	۳۷/۰b	۳۳/۸ab	۳۹/۴b	سولفات آهن+ماده آلی+باکتری سیدروفور

میانگین های با حروف مشابه در هر ستون معنی دار نیست (LSD, P. value ≤ 0.05).

شاخص کلروفیل متری در برگ های کلروزی در تیمار سکوسترین آهن بطور معنی داری بیشتر از شاهد بود ولی با سایر تیمارهای کودی اختلاف معنی داری نداشت. بین تیمارهای کودی سولفات آهن و سولفات آهن+ ماده آلی+باکتری



سیدروفور و شاهد اختلاف معنی داری مشاهده نشد. شاخص کلروفیل متری در برگ‌های پایینی در تیمار سکوسترین آهن بطور معنی داری بیشتر از شاهد و سایر تیمارهای کودی بود. بین تیمارهای کودی سولفات آهن، سولفات آهن+ ماده آلی+ باکتری سیدروفور و شاهد اختلاف معنی داری وجود نداشت. در برگ‌های بالایی بین تیمارهای کودی سکوسترین آهن و سولفات آهن+ ماده آلی+ باکتری سیدروفور از نظر شاخص کلروفیل متری اختلاف معنی داری مشاهده نشد و هر دو بطور معنی داری بیشتر از تیمار شاهد و سولفات آهن تنها بودند. همچنین بین تیمار سولفات آهن تنها و شاهد اختلاف معنی داری مشاهده نشد. تعداد برگ‌های کلروزی در تیمارهای سکوسترین آهن و سولفات آهن+ ماده آلی+ باکتری سیدروفور کمترین و از نظر آماری بطور معنی داری کمتر از تیمارهای شاهد و سولفات آهن بود. همچنین تیمار سولفات آهن بطور معنی داری تعداد برگ کلروزی کمتری از تیمار شاهد نشان داد.

۴. نتیجه‌گیری

بنابراین مصرف سکوسترین آهن باعث افزایش وزن تر و خشک گیاه، غلظت و جذب آهن شد. همچنین مصرف سولفات آهن به تنهایی اثری چندانی در رفع کلروز آهن، عملکرد گیاه و جذب آهن نداشت ولی مصرف آن به همراه ماده آلی و باکتری سیدروفور اثر چشمگیری در کاهش کلروز برگ و افزایش معنی دار وزن تر و خشک گیاه و جذب آهن گذاشت و تقریباً نتایجی شبیه مصرف سکوسترین آهن داشت. بنابراین، برای افزایش کارایی سولفات آهن توصیه می‌شود که آن را به همراه ماده آلی و سیدروفور مصرف نمایند. زیرا به دلیل قیمت کمتر آن می‌تواند جایگزین مناسبی برای سکوسترین آهن که گران قیمت است، باشد. همچنین بیشترین میزان غلظت آهن مربوط به خاک کلاله و کمترین میزان آن مربوط به منطقه آزاد شهر ۲ می‌باشد. بیشترین میزان جذب کل آهن مربوط به خاک گالیکش ۲ و کمترین میزان آن مربوط به خاک‌های رامیان و گنبد می‌باشد.

۵. منابع

- [۱]- آمار نامه کشاورزی. ۱۳۸۹. جلد دوم. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، دفتر آمار و فن‌آوری اطلاعات. ۳۸۹ ص.
- [۲]- ابراهیمی، م. ۱۳۹۱. مقایسه عصاره‌گیری‌های مختلف گوگرد، منابع کود گوگردی و تعیین حد بحرانی آن در خاک- های زیر کشت کلزا (*Brassica nopus L.*) در استان گلستان (جنوب گرگان رود). پایان نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. ۱۳۵ ص.
- [۳]- پوستینی، ک.، سی و سه مرده، ع.، زواره، م. و مداح حسینی، ش. ۱۳۸۴. عملکرد گیاهان زراعی فیزیولوژی و فرآیندها. انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۶۱۴ ص.
- [۴]- سالاردینی، ع. ا. ۱۳۸۴. حاصلخیزی خاک، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۴۳۴ ص.
- [۵]- علیزاده، ذ. ۱۳۹۰. اثر کمبود آهن بر رشد و عملکرد سویا و روش‌های مقابله با آن در خاک‌های آهکی استان گلستان. پایان نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. ۲۶۵ ص.
- [۶]- کوچکی، ع.، سلطانی، ا. و عزیزی، م. ۱۳۷۶. اکوفیزیولوژی گیاهی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد، ۲۷۳ ص.
- [۷]- مرشدی، آ.، ملکوتی، م. ج و رضایی، ح. ۱۳۷۹. تأثیر محلول پاشی آهن، روی و بر روی عملکرد، خواص کیفی و غنی‌سازی دانه‌های کلزا در بردسیر کرمان. مجله علمی پژوهشی خاک و آب. ویژه‌نامه کلزا. ۱۲: ۴۲-۳۱.



- [۸]- ملکوتی، م. ج. و همایی، م. ۱۳۸۳. حاصلخیزی خاکهای مناطق خشک و نیمه خشک (مشکلات و راه حلها). انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران، ۴۸۲ ص.
- [۹]- ملکوتی، م. ج.، اسماعیلی، م.، سپهر، ا. و گلچین، ا. ۱۳۸۲. بررسی اثرات مصرف کودهای محتوی منیزیم، آهن، منگنز و روی بر صفات کمی و کیفی آفتابگردان. در کتاب تغذیه بهینه دانههای روغنی، گامی موثر در نیل به خودکفایی روغن در کشور. نویسندگان: محمدجعفر ملکوتی و ابراهیم سپهر. انتشاراتخانیان، تهران، ایران. ۴۵۲ ص.
- [10]- Agrawal, H. P. 1992. Assessing the micronutrient requirement of winter wheat. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 23: 2555-2568.
- [11]- Basar, H. 2003. Analytical methods for evaluating iron chlorosis in Peach trees. *Communications in soil science and Plant analysis*, 34: 3-4. 327-341.
- [12]- Bavaresco, L., and Poni, S. 2003. Effect of calcareous soil on photosynthesis rate, mineral nutrition and source sink ratio of table grape. *J. Plant Nutr.*, 26: 10-11. 2123-2135.
- [13]- Benitez, M. L., Pedrajas, V. M., del Campillo, M. C., and Torrent, J. 2002. Iron chlorosis in olive in relation to soil properties. *Nutrient Cycling in Agroecosystem*, 62: 47-52.
- [14]- Bouyoucos, G. J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Agron. J.* 54: 464-465
- [15]- Brennan, R. F. 2001. Residual value of zinc fertilizer for production of wheat. *Aust. J. Exp. Agric.*, 41: 451-547.
- [16]- Brown, J. C., and Jones, W. E. 1974. Phosphorus efficiency as related to iron in efficiency in sorghum. *Agron. J.* 62: 468-472.
- [17]- Cañasveras, J. C., Barrón, V., del Campillo, M. C., and Viscarra Rossel, R. A. 2012. Reflectance spectroscopy: a tool for predicting soil properties related to the incidence of Fe chlorosis. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 10: 4. 1133-1142.
- [18]- Chapman, H. D. 1965. Cation exchange capacity. PP. 891-901, In: Black, C. A., et al., (Eds.), *Methods of soil analysis*. Agronomy No. 9. ASA, Madison, Wisconsin.
- [19]- Filgueiras, A. V., Lavilla, I., and Bendicho, C. 2002. Chemical sequential extraction for metal partitioning in environmental solid samples. *J. Environ. Monit.* 4: 6. 823-857.
- [20]- Jackson, M. K. 1967. *Soil Chemical analysis*. Prentice Hall of India, Pvt. Ltd., New Delhi, 498p.
- [21]- Lindsay, W. L., and Norvell, W. A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42: 421-428.
- [22]- Lion, L. W., Altmann, R. S., and Leckie, J. O. 1982. Trace metal adsorption characteristics of estuarine particulate matter: Evaluation of contributions of Fe/Mn oxide and organic surface coatings. *Environ. Sci. Technol.* 16: 660-666.
- [23]- Mallangouda, B. 1995. Effect of NPK and FYM on growth parameters of onion, garlic and coriander. *J. Med. Aromat. Plant Sci.* 4: 916-918.
- [24]- Mortvedt, J. J. 1991. Correcting iron deficiencies in annual and perennial plants present technologies and future prospect. *Plant soil* 130: 273-279.
- [25]- Nelson, D. W., and Sommers, L. E. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. PP. 539-577, In: Page, A. L., et al. (eds.), *Methods of soil analysis*. Part 2. 2nd ed. *Agron. Monogr.* 9 ASA, Madison, WI.
- [26]- Page, A. L., Miller, R. H., and Keeney, D. R. 1982. *Methods of soil analysis*, Part 2. 2nd

5 Feb 2016



اولین کنفرانس علمه پژوهش راهکارهای
توسعه و ترویج آموزش علوم در ایران ۱۶ بهمن ماه ۹۴

**1st Scientific Conference on strategies
for promoting science education in Iran**

[http:// nseconf.ir](http://nseconf.ir)

ed. Agron. Monogr. 9 ASA, Madison, WI., 1187p.

[27]- Rhodes, J. L. 1982. Soluble Salts. PP. 167-178, In: A. L. Page, R. H. Miller and D. R. Kenney (eds), Methods of Soil analysis part 2, Chemical and microbiological properties. Agronomy Monograph. 9.

[28]- SAS Institute Inc, 1999. SAS/ETS Users Guide. Version 8. Cary, NC. USA.

[29]- Singh, J. R., Karwasra, S.P.S., and Singh, M. 1988. Distribution and forms of copper, iron, manganese and zinc in calcareous soils of India. Soil Sci. 146: 5. 359-366.

[30]- Tessier, A., Campbell, P. G. C., and Bisson, M. 1979. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. Anal. Chem., 51: 844-85.