مجله پژوهش در علوم کشاورزی، سال سوم،
شماره دوم ، زمستان ۱۳۸٦ (صفحه ۲۱۸-۲۰۸)

ارزیابی راندمان کودی سرباره آهن بر گیاه گوجه فرنگی در اراضی کشاورزی اراک

امیر حسین بقایی*[۱]، غلامرضا نادری[۱]، سعید چاوشی[۱]، ناصر هنرجو[۲] و مهران کشاورزی[۳]

۱- مربی گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک

۲- استادیار گروه خاکشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان

۳- کارشناس ارشد زراعت، دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ دریافت: ۸٦/۸/۱۸ تاریخ پذیرش:۸٦/۱۱/۱۸

چکیده

کلروز آهن درخاک‌های آهکی و قلیایی و از جمله منطقه مرکزی ایران بر روی محصولات زراعی و باغی شدید می‌باشد. در این تحقیق امکان استفاده از سرباره آهن شرکت فولاد مبارکه اصفهان به عنوان کود آهن مورد مطالعه قرار گرفت. حدود ۱۸ درصد این ترکیب را اکسید آهن تشکیل می‌دهد. این تحقیق در یک آزمایش گلدانی با دونوع خاک با pH حدود ۷ در شهرستان اراک انجام پذیرفت. تیمارها شامل شاهد، سطوح مختلف لجن سرباره به صورت مخلوط با خاک (۲،۱و٤درصد) و لجن اسیدی شده تا pH ٤/۷ (۱و ۲ درصد به صورت مخلوط با خاک) و کود کلاتی سکوسترین آهن بوده و از گیاه گوجه فرنگی به عنوان گیاه محک استفاده شده است. کاربرد ۲ درصد لجن سرباره، ۱ درصد لجن سرباره اسیدی شده، تیمار سکوسترین در خاک ۱، تمامی تیمارها به جز ٤ درصد لجن سرباره در خاک ۲ باعث افزایش معنی‌دار عملکرد وزن خشک گیاه نسبت به تیمار شاهد شده است. مقدار آهن و منگنز جذب شده و در بعضی تیمارها جذب فسفر رابطه مستقیمی را با عملکرد وزن خشک گیاه نشان داد. عدم وجود همبستگی بین جذب فسفر و عملکرد وزن خشک گیاه در برخی تیمارها را احتمالا می‌توان به اثر آنتاگونیستی فسفر و روی نسبت داد.

کلمات کلیدی: **کلروز آهن، گوجه فرنگی، سرباره آهن، راندمان کودی**

* نویسنده مسئول: Email:ambaghaie@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

کلروز آهن یکی از بارزترین مشکلات تغذیه‌ای گیاهان بوده که اغلب بر روی گیاهانی که در خاک‌های آهکی و سدیمی رشد می‌کنند مشاهده می‌شود. گستردگی و اهمیت اقتصادی مسأله کلروز آهن باعث شده که توجه بسیاری از محققین به آن معطوف گشته و در دهه اخیر پیشرفت های قابل توجهی در مورد شناخت علل و راه‌های مقابله با کلروز آهن حاصل شده است. بروز کلروز آهن در گیاه باعث کاهش کلروفیل و در نتیجه زرد شدن تدریجی پهنک برگ و در نهایت کاهش یا توقف عمل فتوسنتز می شود (۸). کلروز آهن به ندرت در خاک در اثر کمبود مطلق آهن به وجود می آید و در اغلب موارد در اثر شرایط شیمیایی خاک (سدیمی و آهکی بودن)، آهن موجود به صورت غیر محلول یا بسیار کم محلول در آمده و استفاده گیاه از این عنصر را دچار مشکل می‌سازد که در این میان گیاهان گوجه فرنگی، گندم، ذرت و سویا در شرایط خاک‌های آهکی و غلظت بالای بیکربنات بیشتر مستعد ابتلا به کلروز آهن می‌باشند (۱۱).

از روش‌های مهم درمان کلروز آهن، استفاده از کودهای مختلف حاوی آهن و مواد به‌ساز می‌باشد که از آن جمله می‌توان به نمک‌های معدنی آهن (٦)، مواد بهساز اسید زا، ضایعات جانبی صنایع (۱۰)، پودر خون (۲) و پودرخون غنی شده با سولفات آهن (۱) اشاره کرد. از ترکیبات دیگر مواد زائد حاصل از معادن، محصولات جنبی و زباله های ناشی از پروسه های صنعتی هستند که حاوی مقدار قابل توجهی آهن می‌باشند. تعداد زیادی از این محصولات جانبی یا ضایعات تولید شده به عنوان برطرف کننده کلروزآهن مورد آزمایش قرار گرفته‌اند. هاگستروم (۹) در یک تحقیق گلخانه ای مشاهده کرد که مصرف زیاد مواد پیریتی(٤۰۰ کیلوگرم در هکتار) حاصل از معدنی در کلرادو در اصلاح کلروز سویا موثر می‌باشد. او نشان داد که مصرف مقادیر کم این ترکیب به صورت نواری و در مقادیر زیاد به صورت پخشی موثر است و مصرف گوگرد عنصری به همراه این ترکیب در پخش نواری باعث تشدید اثر این ترکیب می‌شود. آندرسون و پارکپیان (۷) یکی از محصولات فرعی صنایع فولاد را که ترکیبی شامل ٤۳ درصد آهن، ۵ درصد روی و ۲ درصد منگنز بود به عنوان کود آهن مصرف کرده و این ترکیب را به دو صورت پودری و دانه‌ای با مصرف اسید سولفوریک و بدون مصرف اسید سولفوریک مورد استفاده قرار دادند که عملکرد پودر اسیدی شده بیشتر بود. عباسپور (۳) در مطالعه خود لجن کنورتور را به عنوان کود آهن بر روی گیاه ذرت مورد آزمایش قرار داد و نشان داد مصرف ۱ و۲ درصد این ترکیب باعث افزایش عملکرد ذرت می‌گردد. محمدی (۵) در تحقیق خود سرباره کنورتور را که یک محصول فرعی صنایع فولاد است به عنوان کود آهن دریک خاک آهکی بر روی گیاه ذرت مورد آزمایش قرار داد. این ترکیب دارای pH قلیایی بوده و حاوی ۵۲/۸ درصد اکسید کلسیم، ۱٦/۸ درصد اکسید آهن، ٤/۵ درصد اکسید منگنز و ٤/۸ درصد اکسید فسفر بوده است. این ترکیب سبب افزایش معنی داری در غلظت آهن قابل عصاره گیری شد که مقدار افزایش متناسب با مقدار مصرف لجن سرباره بود. مصرف ماده آلی به همراه این ترکیب باعث افزایش قابل توجه عناصر آهن، فسفر و منگنز شد. با در نظر گرفتن این که حلالیت آهن وابسته به pH بوده، از سویی مصرف مداوم کودهای شیمیایی آثار منفی می‌تواند بر روی خصوصیات فیزیکی خاک داشته باشد و استفاده از لجن سرباره به عنوان کود آهن در محصولات باغبانی کمتر مورد توجه قرار گرفته است، این تحقیق به منظور ارزیابی راندمان کودی حاصل از سرباره صنایع فولاد مبارکه اصفهان طی آزمایش گلدانی بر روی دو نمونه از خاک‌های با pH حدود ۷ در اراضی کشاورزی شهرستان اراک که در آنها غلظت آهن

Archive of SID

www.SID.ir

پائین بوده و در آنها گوجه فرنگی(رقم سی اچ فلات) کاشته می شود صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

ابتدا بذر گوجه فرنگی در شاسی کاشته شده و بعد از حدود ۳۰ روز به گلدانهایی حاوی٤ کیلوگرم خاک منتقل گردید. در هر گلدان ٤ بوته کاشته شده که بعد از رشد اولیه به دو بوته تقلیل داده شد. به گیاه در طی دوره رشد ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم روی به صورت سولفات روی و ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ازت به فرم نیترات آمونیوم داده شد تا معیار مقایسه ما تنها آهن بوده و گیاه کمبودی دیگر نداشته باشد. در گلدان‌های تحت تیمار کود سکوسترین آهن، ۵ میلی‌گرم آهن در هر کیلوگرم خاک به صورت سکوسترین آهن ۱۳۸ در آب آبیاری حل و با سرنگ در عمق ٤ سانتی‌متری به درون خاک تزریق شد و سایر تیمارها به شرحی که در ادامه ذکر شده است اعمال گردید. ٦۰ روز پس از انتقال نشأها به گلدان اندام‌های هوایی گیاه گوجه فرنگی از ریشه جدا و ابتدا با اسید کلریدریک یک دهم نرمال و سپس با آب مقطر شستشو شد. سپس به مدت سه شبانه روز در دمای ٦۵ درجه سانتی‌گراد در آون تهویه دار تا رسیدن به وزن ثابت خشک شدند. پس از تعیین وزن خشک گیاه در هر گلدان، نمونه‌های خشک شده آسیاب و برای تجزیه‌های شیمیایی نگهداری شدند. مقدار آهن، منگنز، فسفر و روی قابل جذب خاک با استفاده از عصاره‌گیر AB-DTPA (آمونیوم بیکربنات دی تی پی آ)، میزان کل این عناصر به روش هضم با اسید نیتریک، آهک به روش تیتراسیون با اسید، هدایت الکتریکی در عصاره اشباع و pH خاک در گل اشباع تعیین گردید. آهن، منگنز و فسفر در گیاه به روش خاکستر و هضم با اسید کلریدریک دو نرمال تعیین شد. درنهایت با استفاده از نرم افزارهای آماری SAS, SPSS و MSTATC اثر معنی‌دار بودن یا نبودن تیمارهای مختلف در سطح ۱ و ۵ درصد مورد بررسی قرار گرفت. در مورد خاک‌ها خصوصیات شیمیایی از قبیل EC، pH، درصد ماده آلی، آهک و میزان آهن، منگنز و روی قابل عصاره گیری با AB-DTPA همچنین میزان فسفر به روش رنگ سنجی اندازه گیری شده که خصوصیات آن در جدول ۱ و خصوصیات لجن سرباره استفاده شده در جدول ۲ منعکس شده است. انتخاب خاکها به نحوی صورت گرفته است که بیشتر پارامترها به جز آهک، هدایت الکتریکی و تا حدودی بافت در این دو خاک تقریبا یکسان بوده تا بتوان اثر آهن رابه عنوان فاکتور متغیر بررسی کرد. این آزمایش در سه تکرار در قالب طرح کاملا تصادفی اجرا شد. در این آزمایش گلدان‌ها در گلخانه در شرایط کاملا طبیعی (رطوبت در حد ظرفیت زراعی مزرعه و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد) به مدت دو ماه نگهداری شدند. تیمارهای به کار رفته در این تحقیق عبارتند از:

S0: شاهد

S1 : سرباره آهن به میزان یک درصد جرم خاک به صورت مخلوط با خاک

S2 : سرباره آهن به میزان دو درصد جرم خاک به صورت مخلوط با خاک

S4: سرباره آهن به میزان چهار درصد جرم خاک به صورت مخلوط با خاک

Sa1 : سرباره آهن اسیدی شده به میزان یک درصد جرم خاک به صورت مخلوط با خاک

Sa2: سرباره آهن اسیدی شده به میزان دو درصد جرم خاک به صورت مخلوط با خاک

S_{Seq} : سکوسترین آهن ۱۳۸ بر اساس ۵ میلی گرم در کیلوگرم، آهن به صورت تزریق در خاک

لازم به ذکر است که جهت اسیدی نمودن نمونه‌ها از اسید سولفوریک استفاده شد و نمونه‌های اسیدی شده تا حدود pH ٤/۷ تنظیم گردید.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

فاکتور اندازه گیری شده	خاک ۱	خاک ۲
pH	۷/۱	۷/۳
EC (dS/m)	۸	۱۵
درصدماده آلی	۰/۲	۰/۳
درصد آهک	٤۰	۲۵
بافت خاک	Sandy clay	Sandy loam
فسفرقابل جذب (mg/kg)	۸	٦/۳
آهن قابل جذب (mg/kg)	۲/۹	۲/۵
منگنز قابل جذب (mg/kg)	۷/۲	۸/۱
روی قابل جذب (mg/kg)	۰/۸	۱/۲

جدول ۲- آنالیز تجزیه شیمیایی لجن سرباره مورد استفاده در این تحقیق

ترکیب	میزان (درصد)
Fe_2O_3	۱۸
FeO	۱۰
CaO	٤۸
MnO	۸
MgO	۵٫۳
ZnO	۰٫۱
P_2O_5	۸٫۳
SiO_2	۹٫۳

نتایج و بحث

الف: اثر تیمارها بر عملکرد وزن خشک گوجه فرنگی

خاک ۱

جدول۳ تجزیه واریانس اثر تیمارهای مورد مطالعه را بر عملکرد وزن خشک گیاه گوجه فرنگی نشان می‌دهد. داده‌ها حاکی از معنی‌دار بودن اثر تیمارها در هر دو خاک می باشد. نمودار۱ اثر تیمارها را بر وزن خشک گیاه گوجه فرنگی در خاک نشان می‌دهد. کاربرد ۲ درصد تیمار سرباره و ۱ درصد تیمار اسیدی شده افزایش معنی‌داری را در عملکرد وزن خشک گیاه گوجه فرنگی نسبت به شاهد نشان می‌دهد، در حالی که تیمار ۲ درصد سرباره اسیدی شده(Sa2) کاهش معنی‌داری در عملکرد نسبت به شاهد و تیمار سکوسترین نشان می‌دهد که دلیل آن را احتمالا می‌توان به تغییر pH موضعی خاک و برهم خوردن تعادل عناصر غذایی نسبت داد. مقادیر زیاد لجن سرباره (٤ درصد) کاهش معنی‌داری را در مقایسه با تیمار ۲ درصد لجن سرباره نشان می‌دهد که می‌توان به افزایش pH موضعی خاک و به هم خوردن تعادل عناصر غذایی نسبت داد. شریعتمداری، فروهر و عباسپور (۳،٤،۲) نیز به ترتیب در اثر کاربرد بیش از اندازه پودر خون، اکسیدهای آهن ضایعاتی و لجن کنورتور به نتایجی مشابه دست یافتند. به دلیل درصد بالای آهک درسرباره، استفاده از تیمار ٤ درصد باعث افزایش موضعی pH خاک شده و اثر کودی آن محو شده است. به نظر می‌رسد مناسب ترین تیمار در این خاک تیمار ۲ درصد لجن سرباره بوده که حتی نسبت به تیمار سکوسترین نیز عملکرد را افزایش داده است.

خاک ۲

نمودار۲ اثر تیمارها را بر وزن خشک گیاه گوجه فرنگی در خاک ۲ نشان می‌دهد. در این خاک تفاوت‌هایی را در مورد اثر تیمارها بر عملکرد وزن خشک گیاهی نسبت به خاک ۱ نشان می‌دهد. تیمارهای ۱ درصد سرباره اسیدی شده و نیز ۱و ۲ درصد لجن سرباره اثر معنی‌داری را در افزایش عملکرد نسبت به گیاه شاهد نشان می‌دهند. در اینجا نیز همانند خاک ۱ استفاده از لجن سرباره اسیدی شده به میزان ۲ درصد به دلیل عدم تعادل عناصر غذایی کاهش عملکردی را نشان می‌دهد ولی به طور کلی همه تیمارها به جز S4 افزایش عملکردی را نسبت به شاهد و حتی سکوسترین نشان می‌دهند. بنابراین در این خاک مقادیر کم سرباره تا سطح کمتر از ٤ درصد می‌تواند عملکرد گیاه را به میزان قابل توجهی افزایش دهد که دلیل آن را می‌توان به مناسب بودن pH خاک مربوط دانست. در مجموع در این خاک بهترین

Archive of SID

www.SID.ir

تیمارها را می‌توان کاربرد ۱و ۲ درصد سرباره و ۱ درصد لجن اسیدی شده معرفی کرد. در مورد این خاک تیمار ۲ درصد لجن اسیدی اگر چه نسبت به بعضی تیمارها کاهش عملکرد وزن خشک معنی‌داری را نشان داده است اما باز هم اثر آن بر میزان وزن خشک نسبت به تیمار سکوسترین و ٤ درصد لجن بیشتر بوده است. در خاک ۲ کاربرد ۱ و ۲ درصد لجن سرباره اختلاف معنی‌داری در وزن خشک گیاه گوجه فرنگی نشان نمی‌دهد، در حالی که در خاک ۱ اختلاف این دو تیمار معنی‌دار می‌باشد. دلیل آن را می‌توان به هدایت الکتریکی بالاتر (میزان شوری بیشتر) خاک ۲ نسبت به خاک ۱ بیان کرد. میزان شوری بیشتر باعث بهم خوردن تعادل غذایی در این خاک و در نتیجه کاهش اثر تیمار کودی (عدم تفاوت معنی‌دار بین تیمار ۱ و ۲ درصد لجن سرباره) شده است.

معنی داری با تیمار سکوسترین نشان می دهدکه برای توجیه آن بهتر است از پدیده جذب به جای غلظت استفاده کرد. کاربرد ۲ درصد لجن سرباره تفاوت معنی‌داری را در غلظت آهن نسبت به۱ درصد لجن سرباره نشان می‌دهد که با در نظر گرفتن اثر رقت این را به خوبی می‌توان توجیه کرد (کاهش غلظت در اثر افزایش عملکرد وزن خشک گیاه). تیمار سرباره اسیدی شده به میزان ۱ درصد نیز کاهش معنی‌داری را در غلظت آهن نسبت به تیمار ۲ درصد سرباره اسیدی شده نشان می‌دهد که با در نظر گرفتن پدیده اثر رقت به خوبی قابل توجیه می‌باشد.

جدول ۳- تجزیه واریانس مربوط به اثر تیمارها بر وزن خشک و غلظت آهن، منگنز و فسفر در گیاه گوجه فرنگی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (خاک ۱)				میانگین مربعات (خاک ۲)			
		وزن خشک	آهن	منگنز	فسفر	وزن خشک	آهن	منگنز	فسفر
تیمار	٦	٤/٠٥**	٥٢٠/١*	٣٥٢/٤**	٠/٠٠١٢*	٩/٠٢**	٢٧٩٦/٩**	١١١٦/٨**	٠/٠٠٩**
خطا	١٤	٠/٤٨	١٥٤/٨	٤١/٩٥	٠/٠٠٠٨	٠/٠٨	١١٦/٣	٧٠/٦٥	٠/٠٠٠٧

**در سطح یک درصد و * در سطح ۵ درصد معنی دار است

اثر تیمارها بر غلظت آهن در گیاه

خاک ۱

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) اثر تیمارها را بر غلظت آهن در خاک ۱ در سطح ۵ درصد و در خاک ۲ در سطح ۱ درصد معنی‌دار نشان می‌دهد. نمودار۳ اثر تیمارها را در خاک ۱ نشان می‌دهد. در این خاک رابطه معکوس عملکرد وزن خشک گیاهی و غلظت آهن را می‌توان مشاهده کرد. کاربرد ٤ درصد سرباره که عملکرد وزن خشک گیاهی نسبتا پائینی را نشان داده (نمودار۱) بود در این جا غلظت آهن بالایی را حتی بدون نشان دادن تفاوت

خاک ۲

نمودار ٤ اثر تیمارها را بر غلظت آهن در گیاه در خاک ۲ نشان می‌دهد. ارتباط معکوس عملکرد و غلظت آهن در اینجا نیز مشاهده شد. تیمار ٤ درصد سرباره که وزن خشک پائینی را طبق نمودار ۲ نشان داده است در این جا بالاترین غلظت آهن را نشان می‌دهد که در اینجا نیز با پدیده جذب آهن به جای غلظت آهن بهتر می‌توان این مسئله را بیان کرد که در ادامه به آن پرداخته شده است.

در مورد کاربرد ۱ و ۲ درصد سرباره که بالاترین عملکرد وزن خشک گیاهی را داراست (نمودار ۲) در اینجا غلظت آهن پائینی را در مقایسه با سایر تیمارها نشان می‌دهد که نمود

Archive of SID

www.SID.ir

واقعی از اثر رقیق شدن آهن می باشد. در مورد کاربرد لجن اسیدی شده به میزان ۱ و ۲ درصد تفاوت معنی‌داری در غلظت آهن مشاهده نشد. تیمار شاهد با توجه به وزن خشک پائین بدست آمده (نمودار۲) غلظت بالای آهن را نشان می‌دهد. در مجموع در این دو خاک در مورد اثر تیمارها بر غلظت آهن پدیده رقیق شدن را می‌توان به عنوان فاکتور مهمی در توجیه داده‌ها معرفی کرد و برای تفسیر دقیق بعضی نتایج به جای بیان غلظت میزان جذب عنصر آهن بایستی مورد بررسی قرار گیرد که در ادامه به آن پرداخته شده است. همچنین به دلیل وجود اثر متقابل عناصر منگنز و فسفر در جذب آهن، جذب این عناصر نیز مورد بررسی قرار گرفت.

اثر تیمارها بر غلظت منگنز در گیاه

خاک ۱

اثر تیمارها بر غلظت منگنز در گیاه گوجه فرنگی در سطح ۱ درصد در هر دو خاک معنی‌دار شده است (جدول۳). نمودار ۵ اثر تیمارها بر غلظت منگنز در گیاه گوجه فرنگی را در خاک ۱ نشان می‌دهد. در این خاک در تمامی موارد غلظت منگنز مشاهده شده کمتر از شاهد می‌باشد. در این خاک اثر آنتاگونیستی بین آهن و منگنز و اثر رقت (کاهش غلظت در اثر افزایش عملکرد) را می‌توان مشاهده کرد. کاربرد ۲ درصد لجن سرباره که بیشترین وزن خشک گوجه فرنگی را در بین سایر تیمارها ایجاد کرده است در اینجا کمترین غلظت منگنز(اثر رقت) را نشان می‌دهد. این اثر را تا حدودی در مورد تیمار سکوسترین نیز می‌توان مشاهده کرد. در مورد کاربرد تیمار سکوسترین علاوه بر اثر رقیق شدن، اثر آنتاگونیستی بین آهن و منگنز را می‌توان مشاهده کرد.

خاک ۲

نمودار ٦ اثر تیمارها بر غلظت منگنز در گیاه گوجه فرنگی در خاک ۲ نشان می‌دهد. در این خاک نیز همانند خاک ۱ در اکثر موارد غلظت منگنز کمتر از شاهد می‌باشد (به جز تیمار ٤ درصد سرباره). در مورد تیمارهای ۱و ۲ درصد لجن سرباره کاهش غلظتی در اثر افزایش عملکرد وزن خشک یا به عبارت دیگر اثر رقت مشاهده می‌شود.

اثر تیمارها بر غلظت فسفر در گیاه

خاک ۱

اثر تیمارها بر غلظت فسفر در گیاه گوجه فرنگی در سطح ۵ درصد در خاک ۱ و در سطح ۱ درصد در خاک ۲ معنی‌دار شده است (جدول ۳). نمودار ۷ اثر تیمارها بر غلظت فسفر در گیاه گوجه فرنگی را در خاک ۱ نشان می‌دهد. تیمار های ۱و۲ درصد سرباره اسیدی شده و سکوسترین افزایش معنی‌داری را نسبت به شاهد و تیمارهای ۱ و ۲ درصد لجن سرباره نشان می‌دهد، در اینجا ظاهرا اسیدی کردن لجن سرباره باعث تغییر pH در مقیاس کوچک، افزایش حلالیت کانیهای فسفر دار و در نتیجه افزایش غلظت فسفر در گیاه شده است. شبیه این مشاهده را فروهر و عباس پور (۳،٤) به ترتیب در اثر افزایش پودر اکسید آهن ضایعاتی و لجن کنورتور بر روی گیاهان سویا و ذرت مشاهده کردند. در مورد تیمار ٤ درصد لجن سرباره احتمالا به علت درصد بالای آهک (حدود ٤۰ درصد) این ترکیب توانسته است در مقیاس کوچک باعث افزایش pH محیط و در نتیجه باعث کاهش حلالیت کانی‌های فسفردار گردد. در نتیجه در این خاک کاهش عملکردی را نسبت به شاهد نشان می‌دهد.

خاک ۲

نمودار ۸ اثر تیمارها بر غلظت فسفر در گیاه گوجه فرنگی در خاک ۲ نشان می‌دهد. در اینجا اثر تیمارها را می‌توان با دو پدیده رقیق شدن و تغییر حلالیت کانی‌های فسفر دار توجیه کرد. در تیمارهای ۱ و ۲ درصد لجن سرباره، همچنین تیمار۱ درصد سرباره اسیدی شده که عملکرد بالایی وزن خشک گوجه فرنگی را در این خاک نشان دادند در اینجا کاهش معنی‌داری را در غلظت فسفر گیاه نسبت به شاهد نشان داده که با در نظر گرفتن پدیده اثر رقت (کاهش غلظت در اثر افزایش وزن خشک گیاهی) به خوبی قابل توجیه می‌باشد. در مورد تیمار ۲ درصد سرباره اسیدی شده در این خاک نیز ظاهرا اسیدی کردن لجن سرباره باعث تغییر pH در مقیاس کوچک و باعث افزایش

Archive of SID

www.SID.ir

حلالیت کانی‌های فسفردار و در نتیجه افزایش غلظت فسفر در گیاه شده است.

اثر تیمارها بر جذب عناصر غذایی در گیاه گوجه فرنگی

با عنایت به اینکه اثر رقیق شدن بیانگر اثر واقعی تیمارها نمی‌باشد، لذا مقدار جذب عناصر غذایی توسط گیاه گوجه فرنگی می‌تواند فاکتور مناسبی جهت ارزیابی اثر تیمارها باشد. میزان جذب هر عنصر را می‌توان از حاصل ضرب غلظت فسفر در مقدار ماده خشک گیاهی محاسبه نمود.

اثر تیمارها بر جذب آهن توسط گیاه

خاک ۱

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ٤) اثر تیمارها را بر جذب آهن در هر دو خاک در سطح ۱ درصد معنی‌دار نشان می‌دهد. نمودار ۹ اثر تیمارها بر میزان جذب آهن در گیاه گوجه فرنگی در خاک ۱ نشان می‌دهد. کاربرد ۲ درصد لجن اسیدی شده که به دلیل به هم زدن شرایط شیمیایی خاک و عدم تعادل غذایی عملکرد وزن خشک کمتری را نشان داده بود (نمودار ۱) در اینجا نیز جذب آهن کمتری را نشان می‌دهد، همچنین کاربرد ٤ درصد لجن سرباره که عملکرد مشابهی با تیمار شاهد را نشان می دهد در اینجا نیز از نظر میزان جذب آهن اختلاف معنی‌داری با شاهد ندارد. به نظر می‌رسد نتایج حاصله تا حدودی از این قاعده پیروی می کند که جذب آهن رابطه مستقیمی را با عملکرد نشان می‌دهد. فروهر، عباسپور و پارکپیان نیز بر روی مطالعات خود به ترتیب با پودر اکسید آهن ضایعاتی، لجن کنورتور و کودهای مختلف آهن نتایج مشابهی را بدست آوردند(٤، ۳، ۱۰).در این جا ارتباط منطقی بین میزان جذب آهن و عملکرد وزن خشک گیاهی در تیمار سکوسترین مشاهده نشد و این حاکی از آن است که جذب آهن را بایستی در تعادل با سایر عناصر دانست.

خاک ۲

نمودار ۱۰ اثر تیمارها بر میزان جذب آهن توسط گیاه گوجه فرنگی در خاک ۲ را نشان می‌دهد. در اینجا اثر مستقیم عملکرد با میزان جذب آهن در گیاه گوجه فرنگی به خوبی نشان داده می‌شود. تیمارهای شاهد و ٤ درصد لجن سرباره که عملکرد وزن خشک کمتری را نشان داده بودند (نمودار۲) در این جا نیز میزان جذب آهن کمتری را نشان می‌دهند. از طرفی تیمارهای ۱ و ۲ درصد لجن سرباره که بالاترین عملکرد را نشان داده بودند در اینجا نیز میزان جذب آهن بالاتری را نشان می‌دهند، همچنین تیمار ۱ و ۲ درصد لجن اسیدی شده و تیمار سکوسترین نیز رابطه مستقیمی را با عملکرد نشان می‌دهد. در جمع بندی برای فاکتور آهن به این نکته بایستی توجه داشت که میزان جذب عنصر آهن فاکتور بهتری نسبت به غلظت است و اثر رقت بسیاری اوقات می‌تواند ما را در بیان تفسیر نتایج به اشتباه بیندازد.

جدول ٤- : تجزیه واریانس مربوط به اثر تیمارها بر میزان جذب آهن، منگنز و فسفر در گیاه گوجه فرنگی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (خاک ۱)			میانگین مربعات (خاک ۲)		
		آهن	منگنز	فسفر	آهن	منگنز	فسفر
تیمار	٦	۰/۱۳٦**	۰/۰۱۹**	۰/۰۰۰۰۹**	۰/۱۵۸**	۰/۰۱٦*	۰/۰۰۰۰۹**
خطا	١٤	۰/۰۰۹	۰/۰۰۱۳	$۹*۱۰^{-۷}$	۰/۰۰۸۳	۰/۰۰۳۱	$۵*۱۰^{-٦}$

**در سطح یک درصد و * در سطح ۵ درصد معنی دار است

Archive of SID

www.SID.ir

اثر تیمارها بر میزان جذب منگنز در گیاه گوجه‌فرنگی

خاک ۱

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ٤) اختلاف معنی‌داری را در مورد اثر تیمارها بر میزان جذب منگنز در سطح ۱ و ۵ درصد به ترتیب در خاک ۱و ۲ نشان می‌دهد. نمودار ۱۱ اثر تیمارها را بر میزان جذب منگنز در خاک ۱ نشان می‌دهد. کاربرد ۲ درصد لجن سرباره که عملکرد وزن خشک بیشتری را نسبت به تیمار ۱ درصد لجن سرباره نشان داده (نمودار ۱) بود در اینجا نیز جذب منگنز بیشتری را نشان می‌دهد. کاربرد ۲ درصد لجن اسیدی شده که عملکرد کمتری را نسبت به شاهد نشان داده بود در اینجا نیز کاهش معنی‌داری را در میزان جذب منگنز نسبت به شاهد نشان می‌دهد. در مورد تیمار سکوسترین که عملکرد بالاتری را نسبت به شاهد نشان داده بود در اینجا اختلاف معنی‌داری در جذب منگنز بین این دو مشاهده نشد ولی مقایسه تیمار سکوسترین با تیمار ٤ درصد لجن سرباره این ارتباط مستقیم عملکرد با میزان جذب را به خوبی نشان می‌دهد.

خاک ۲

نمودار ۱۲ اثر تیمارها را بر میزان جذب منگنز در خاک ۲ نشان می‌دهد. در این خاک ارتباط ضعیف‌تری بین عملکرد و میزان جذب منگنز توسط گیاه گوجه فرنگی نسبت به خاک ۱ مشاهده می‌شود که دلیل آن را احتمالا می‌توان به به هم خوردن شرایط شیمیایی خاک و عدم تعادل تغذیه‌ای نسبت داد. کاربرد تیمارهای ۱ و ٤ درصد لجن سرباره ارتباط مستقیم جذب با عملکرد را نشان می‌دهد. در این خاک برای عنصر منگنز توصیه می‌شود که از سطوح پائین‌تر لجن سرباره (زیر ٤ درصد) در تحقیقات بعدی استفاده گردد تا شاید بتوان ارتباط مستقیم عملکرد با جذب منگنز را بهتر مشاهده کرد. در مورد تیمارهای ۲ درصد لجن سرباره و شاهد می‌توان اثر آنتاگونیستی بین آهن و منگنز را مشاهده کرد.

اثر تیمارها بر میزان جذب فسفر به وسیله گیاه گوجه فرنگی

خاک ۱

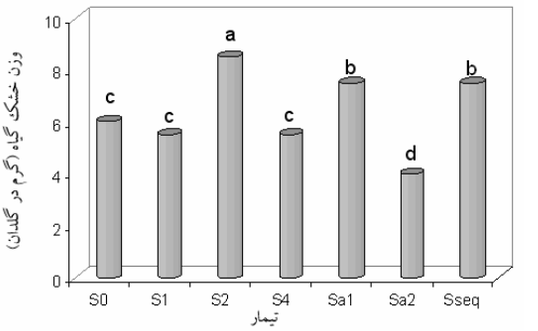
بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ٤) اثر تیمارها بر میزان جذب فسفر در هر دو خاک در سطح ۱ درصد معنی‌دار شده است. نمودار ۱۳ اثر تیمارها را بر میزان جذب فسفر در خاک ۱ نشان می‌دهد. در این خاک تا حدودی می‌توان ارتباط مستقیمی را بین میزان جذب فسفر به وسیله گیاه و عملکرد مشاهده کرد. کاربرد ۲ درصد لجن سرباره که بالاترین میزان عملکرد گوجه فرنگی را در این خاک نشان داده بود در اینجا نیز دارای میزان جذب فسفر بالاتری نسبت به سایر تیمارها می‌باشد. کاربرد ۲ درصد لجن اسیدی شده، ٤ درصد لجن سرباره و تیمار شاهد که عملکرد وزن خشک کمتری را نسبت به سایر تیمارها نشان داده بودند (نمودار۱) در اینجا نیز جذب فسفر پائین تری را نشان می‌دهند و این حاکی از آن است که جذب فسفر رابطه نسبتا مستقیمی را با عملکرد نشان می دهد. در مورد سایر تیمارها ارتباط بین عملکرد و میزان جذب فسفر با همبستگی کمتری مشاهده می‌شود که احتمالا بتوان آن را به دلیل رقابت فسفر با سایر عناصر نسبت داد.

خاک ۲

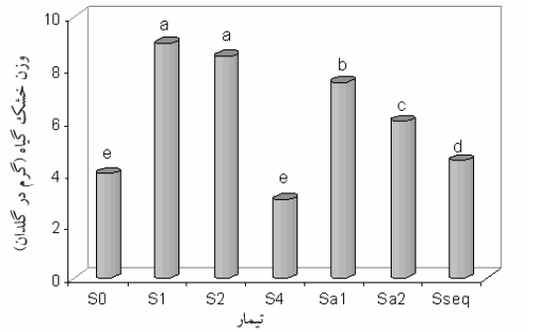
نمودار ١٤ اثر تیمارها را بر میزان جذب فسفر در خاک ۲ نشان می‌دهد. در اینجا نیز ارتباط مستقیمی را تا حدودی می‌توان بین عملکرد و میزان جذب فسفر مشاهده کرد. تیمار ۱ درصد لجن سرباره که بالاترین میزان عملکرد وزن خشک گیاه را نشان داده بود (نمودار۲) در اینجا نیز میزان جذب فسفر بیشتری را نشان می‌دهد، همچنین این ارتباط مستقیم را تا حدودی می‌توان در مورد تیمار ۱ درصد لجن اسیدی شده مشاهده کرد. از طرفی در مورد تیمار ٤ درصد لجن سرباره با کاهش عملکرد میزان جذب فسفر کاهش پیدا کرده است. در بعضی تیمارها (سکوسترین و ۲ درصد لجن اسیدی شده) رابطه مستقیمی بین میزان عملکرد وزن خشک گیاه و میزان جذب فسفر دیده نشد، بدین علت یک آزمایش فرعی جهت اندازه‌گیری میزان روی موجود در گیاه صورت گرفت و مشاهده گردید در تیمارهایی که فسفر کمتری جذب شده بود میزان روی در گیاه افزایش یافته و در این خاک می‌توان اثر آنتاگونیستی بین روی و فسفر در گیاه را تا حدودی مشاهده کرد.

Archive of SID

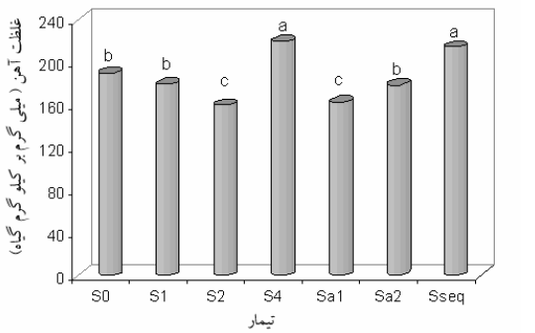
www.SID.ir



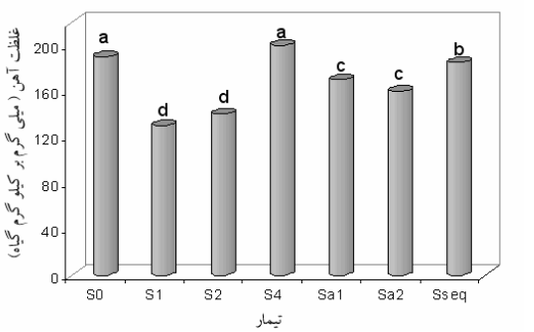
نمودار۱- اثر تیمارها بر وزن خشک گیاه گوجه فرنگی در خاک شماره ۱



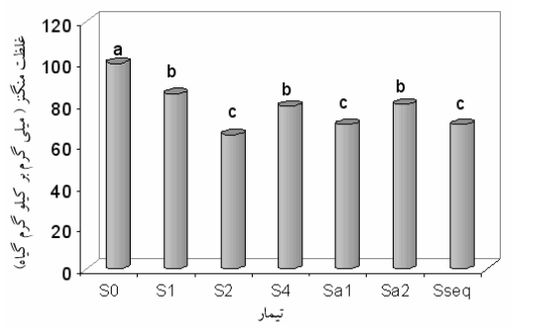
نمودار ۲- اثر تیمارها بر وزن خشک گیاه گوجه فرنگی در خاک



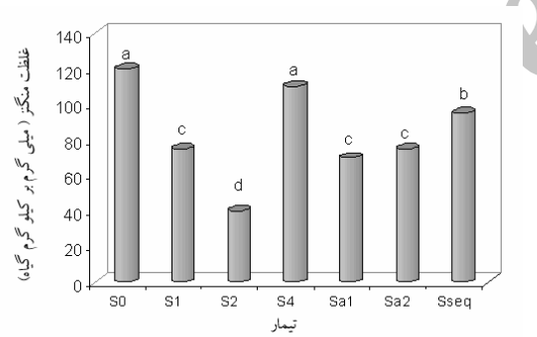
نمودار ۳- اثر تیمارها بر غلظت آهن در گیاه گوجه فرنگی در خاک ۱



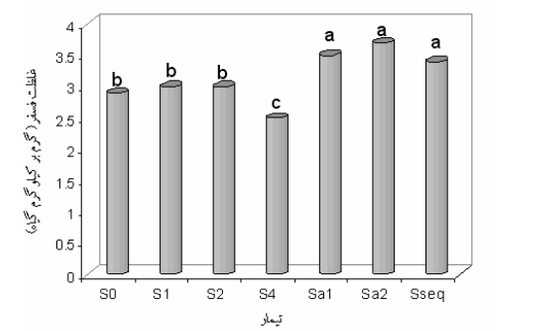
نمودار ٤- اثر تیمارها بر غلظت آهن در گیاه گوجه فرنگی در خاک ۲



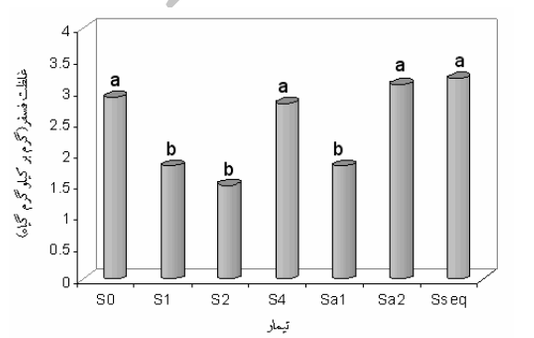
نمودار ۵- اثر تیمارها بر غلظت منگنز در گیاه گوجه فرنگی در خاک ۱



نمودار ٦- اثر تیمارها بر غلظت منگنز در گیاه گوجه فرنگی در خاک

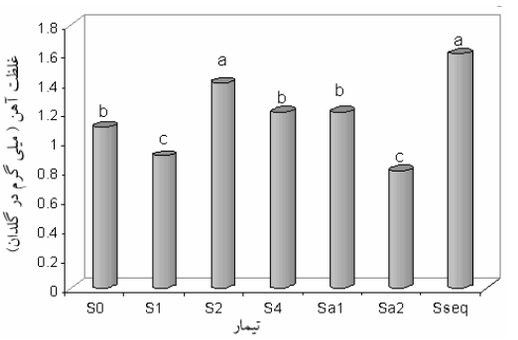


نمودار ۷- اثر تیمارها بر غلظت فسفر در گیاه گوجه فرنگی در خاک ۱

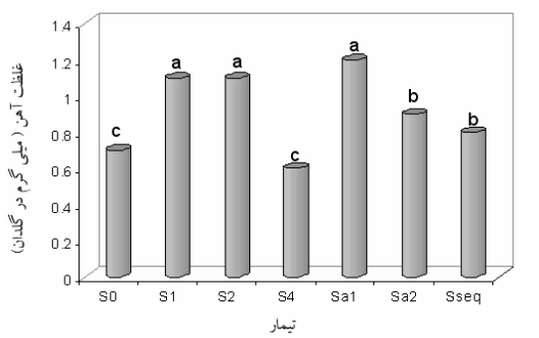


نمودار ۸- اثر تیمارها بر غلظت فسفر در گیاه گوجه فرنگی در خاک ۲

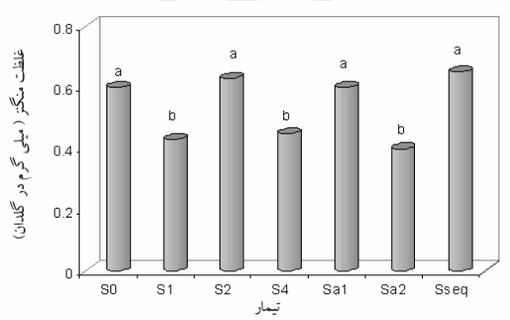
www.SID.ir



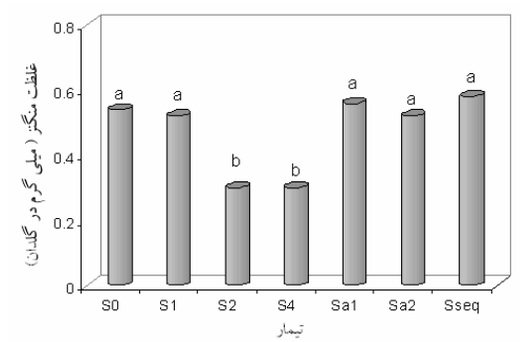
نمودار ۹- اثر تیمارها بر میزان جذب آهن در گیاه گوجه فرنگی در خاک ۱



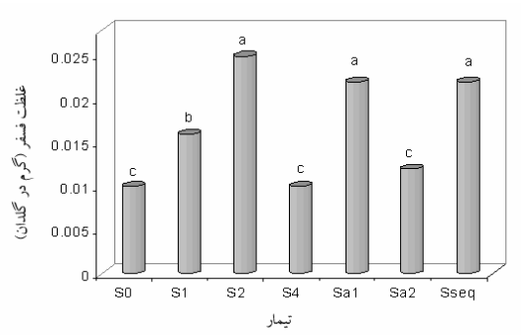
نمودار ۱۰- اثر تیمارها بر میزان جذب آهن در گیاه گوجه فرنگی در خاک ۲



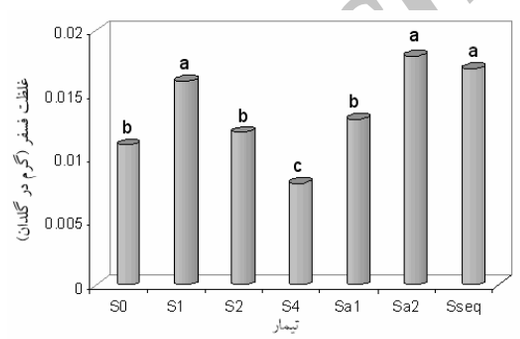
نمودار۱۱- اثر تیمارها بر میزان جذب منگنز در گیاه گوجه فرنگی در خاک ۱



نمودار ۱۲- اثر تیمارها بر میزان جذب منگنز در گیاه گوجه فرنگی در خاک ۲



نمودار ۱۳- اثر تیمارها بر میزان جذب فسفر در گیاه گوجه فرنگی در خاک ۱



نمودار ۱٤- اثر تیمارها بر میزان جذب فسفر در گیاه گوجه فرنگی در خاک ۲

www.SID.ir

منابع

۱. **اجرائی ع. ک. ۱۳۷۸**. مقایسه پودر خون با سولفات و سکوسترین آهن جهت تامین آهن ذرت در یک خاک آهکی. دانشکده کشاورزی، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، ۹۲ صفحه.

۲. **شریعتمداری ح. ۱۳٦۹**. بررسی امکان استفاده از پودر خون به عنوان کود آهن، دانشکده کشاورزی، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۱۲ صفحه.

۳. **عباسپور ع. ۱۳۷۹**. بررسی اثر کاربرد لجن کنورتور به عنوان کود آهن و ماده بهساز در خاک های اسیدی و آهکی. دانشکده کشاورزی، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۷ صفحه.

٤. **فروهر م. ۱۳۷۱**. بررسی امکان استفاده از پودر اکسید آهن ضایعاتی حاصل از فرآیند اسیدشویی فولاد به عنوان کود آهن. دانشکده کشاورزی، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۲۷ صفحه.

۵. **محمدی ترکاشوند ع. ۱۳۷۹**. بررسی اثر سرباره کنورتور به عنوان ماده اصلاح کننده در خاکهای اسیدی و کود آهن در خاک آهکی. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۹۲ صفحه.

6. **Álvarez-Fernández A., S. García-Marco and J.J. Lucena. 2005**. Evaluation of synthetic iron(III)-chelates (EDDHA/Fe3+, EDDHMA/Fe3+ and the novel EDDHSA/Fe3+) to correct iron chlorosis. European Journal of Agronomy, 22: 119-130.

7. **Anderson W.B. and P. Parkpian. 1984**. Plant availability of an iron waste product utilized as an agricultural fertilizer on calcareous soil. Journal of Plant Nutrition, 7: 203-233.

8. **Chatterjee C., R. Gopal and B.K. Dube. 2006**. Impact of iron stress on biomass, yield, metabolism and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.). Scientia Horticulturae, 108: 1-6.

9. **Hagstrom G.R. 1984**. Current management practices for correcting iron deficiency in plants with emphasis on soil management. Journal of Plant Nutrition, 7: 23-46.

10. **WANG X. and C.A.I. Qing-Sheng. 2006**. Steel slag as an iron fertilizer for corn growth and soil improvement in a pot experiment. Pedosphere, 16: 519-524.

11. **Zuo Y., L. Ren, F. Zhang and R.F. Jiang. 2007**. Bicarbonate concentration as affected by soil water content controls iron nutrition of peanut plants in a calcareous soil. Plant Physiology and Biochemistry, 45: 357-364.

Archive of SID

www.SID.ir