8th International Conference on Applied Research in Agricultural science, Natural Resources & Environment
هشتمین همایش بین‌المللی پژوهش های کاربردی در علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست

اثر بخشی کلات آهن آلی (Fe- Humic acid) بر جذب آهن و رشد گیاه گوجه فرنگی در مقایسه با کلات آهن شیمیایی (Fe-EDDHA)

لیلا صادق کسمائی*[۱]، صبا کاویان[۲]، مجتبی حسین زاده[۳]، الهام سیرجانی[۴]، امیر حسین کاویانی[۵]، فاطمه برزگر[۶]، فاطمه الهی [۷]، شکوفه فیروزی [۸]، محمد رضا موسوی[۹]

۱- بخش خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، leilasadegh@gmail.com
۲- تحقیق و توسعه، شرکت سبز کاوشان، saba.kavian@gmail.com
۳- مدیر عامل، شرکت سبز کاوشان، mojtaba.hoseinzadeh62@gmail.com
۴- تحقیق و توسعه، شرکت سبز کاوشان ، sirjani.e67@gmail.com
۵- تحقیق و توسعه، شرکت سبز کاوشان، amirhosseinkaviani76@gmail.com
۶- تحقیق و توسعه، شرکت سبز کاوشان، barzegar.fatmeh@gmail.com
۷- تحقیق و توسعه، شرکت سبز کاوشان، fatimaelahi7575@gmail.com
۸- تحقیق و توسعه، شرکت سبز کاوشان، firozi.shekofeh@gmail.com
۹- ریاست هیئت مدیره، شرکت آبادیس، info@abadistech.com

چکیده

حل مشکل کمبود آهن در خاک‌های آهکی، نیازمند تولید کودهای جدید، ارزان و سازگار با محیط زیست است. در این مطالعه اثر بخشی یک کود کلات آهن آلی Fe- Humic acid در مقایسه با کلات شیمیایی آهن Fe- EDDHA بر فاکتورهای رشد رویشی و جذب آهن گیاه گوجه فرنگی در شرایط گلخانه ای مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. تیمارها شامل کود کلات آهن هیومیکی در دو سطح ۱ (ABADIS 1) و ۲ (ABADIS 2) گرم برای هر گلدان ۵ کیلویی، کود کلات آهن EDDHA یک گرم برای هر گلدان ۵ کیلویی و شاهد (بدون اعمال کود آهن) بود. نتایج نشان داد تیمار کلات آهن هیومیکی ۲ گرم در گلدان (ABADIS 2) به طور معنی داری سبب افزایش طول و حجم ریشه در مقایسه با تیمار EDDHA شد. بعلاوه، اگرچه تیمار کود کلات آهن EDDHA سبب افزایش معنی‌دار و سریع آهن خاک در ۴۸ ساعت پس از اعمال تیمارها شد. میزان جذب آهن در اندام هوایی گیاه در تیمار ABADIS 1 تقریبا مشابه با تیمار EDDHA بود و بیشترین میزان جذب آهن در اندام هوایی گیاه در زمان برداشت (با میزان ۱/۱ گرم) در تیمار کلات آهن هیومیکی ABADIS 2 مشاهده شد که نسبت به تیمار کلات آهن EDDHA جذب آهن دو برابر را نشان داد. یافته‌های این تحقیق نشان داد که کود کلات آهن هیومیکی به عنوان یک منبع کودی ارزان تر و سازگار با محیط زیست می‌تواند آهن مورد نیاز گیاه گوجه فرنگی را تأمین کرده و همچنین سبب افزایش فاکتورهای رشدی شود و اثراتی مشابه با کود کلات آهن رایج EDDHA که کودی گران قیمت و دارای اثرات زیست محیطی است، بر رشد گیاه داشته باشد. اما برای رفع سریع کمبود آهن گیاه، باید کود کلات آهن EDDHA مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: کلات آهن هیومیکی، کلات آهن شیمیایی، گوجه فرنگی، محیط زیست

۱- مقدمه

سبزی‌ها و صیفی‌ها از مهم‌ترین منابع تأمین‌کننده مواد غذایی انسان هستند. گوجه فرنگی با نام علمی *Lycopersicon esculentum L.* گیاه علفی از تیره سیب‌زمینی‌سانان، یکی از مهم‌ترین سبزی‌های تولیدی در سراسر جهان می‌باشد. تغذیه صحیح گیاه می‌تواند منجر به بهبود کمی و کیفی محصول گردد. آهن (Fe) یکی از عناصر ریزمغذی ضروری برای رشد گیاهان است. کلروز آهن یک مشکل شایع کشاورزی است که در ۳۰ تا ۵۰ درصد از زمین‌های زراعی رخ می‌دهد و یکی از عوامل اصلی محدودکننده تولید محصول در خاک‌های آهکی است [۱]. کمبود آهن منجر به کاهش کلروفیل در برگ‌های گیاه و در نتیجه زردشدن تدریجی گیاهان می‌شود که از برگ‌های جوان شروع شده و به قسمت‌های مسن‌تر می‌رسد [۲]. کوددهی با کلات‌های مصنوعی آهن رایج‌ترین روش برای حل مشکل کلروز آهن در مزارع است [۳] و اتیلن دی‌آمین دی‌هیدروکسی فنیل اسید استیک (EDDHA) یکی از کارآمدترین عوامل کلات‌کننده آهن برای مصرف خاکی اهن در خکهای قلیایی است [۲]. اما این کودها اغلب گران بوده و استفاده از آنها در مزارع مقرون به صرفه نمی‌باشد و همچنین ممکن است به راحتی در دسترس کشاورزان نباشد [۴].

در سال‌های اخیر، کودهای آهن جدیدی تولید شده‌اند که بر ویژگی‌های آهسته‌رهش بودن، سازگاری با محیط زیست و خلوص بالای آن‌ها تمرکز شده است [۵]. در این راستا، مواد هیومیکی به دلیل ساختار متغیر، محتوای بالای گروه‌های عاملی، آماده‌سازی آسان و سازگاری با محیط‌زیست، ترکیبات امیدوارکننده‌ای هستند. امروزه اطلاعات زیادی در مورد ظرفیت مواد هیومیکی برای نگه‌داشتن یون‌های فلزی در خاک و جلوگیری از رسوب آنها به خصوص آهن منتشر شده است [۶]. در واقع به دلیل وجود گروه‌های عاملی و عمدتاً گروه‌های کربوکسیل و فنولی، اسیدهای هیومیک عوامل کلات‌کننده مناسبی برای یون‌های آهن (III) هستند که دارای فرایند آماده‌سازی راحت و سازگار با محیط زیست بوده و می‌توان از این کلات‌ها به عنوان کود استفاده کرد. لوبارتینی و همکاران [۷] گزارش کردند که آهن (III) کمپلکس‌شده بوسیله اسیدهای هیومیک، منبع خوبی از آهن برای گیاهان رشد یافته در محلول‌های غذایی است. همچنین، کودهای آهن مبتنی بر مواد هیومیکی استخراج شده از لیگنیت‌ها، مانند لئوناردیت، در منطقه مدیترانه (به صورت کنسانتره مایع) در آبیاری قطره‌ای استفاده می‌شود [۸]. این نوع کودهای آهن نسبت به کلات‌های آهن مصنوعی سازگاز با محیط زیست هستند اما در اصلاح کلروز آهن کارایی کمتری دارند [۹] زیرا آنها آهن را به آرامی برای گیاهان در خاک‌های آهکی فراهم می‌کنند. در این راستا، آزمایش‌های مزرعه‌ای نشان داده‌اند که در حالی‌که کلات‌های مصنوعی آهن اثر سریعی دارند، کودهای هومات آهن افزایش دسترسی آهن را در فصل مشترک ریشه و خاک (ریزوسفر) فراهم می‌کنند که منجر به جذب آهسته آهن بوسیله گیاهان می‌شود. آزاد شدن آهسته آهن از هومات‌های آهن عمدتاً به توده‌های کوچک و پایدار و پیوندهای پایدار ترمودینامیکی که بوسیله اسیدهای هیومیک با آهن ایجاد می‌شود نسبت داده شده است [۱۰].

با توجه به اینکه تولید کلات آهن هیومیکی در ایران توسط شرکت آبادیس یک حرکت جدید و فناوری نوین در صنعت تولید کلات آهن در کشور می باشد، در این پژوهش اثربخشی کود کلات آهن هیومیکی تولیدی شرکت آبادیس بر گیاه گوجه فرنگی در مقایسه با کلات شیمیایی آهن مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

در این مطالعه، اثربخشی کود کلات آهن هیومیکی ۵ درصد تولید شده در شرکت آبادیس (Fe-Humic acid) در مقایسه با یک کود کلات آهن شیمیایی (Fe-EDDHA) ۶ درصد وارداتی مقبول در بازار بر روی پارامترهای رشد رویشی گیاه گوجه فرنگی بررسی شد (از ذکر نام تجاری کود کلات آهن شیمیایی خودداری شده است). بدین منظور آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در گلخانه تحقیقاتی شرکت سبز کاوشان واقع در دانشکده کشاورزی

دانشگاه شیراز انجام شد. در گلخانه ابتدا گلدان‌های ۵ کیلوگرمی تهیه و با خاک منطقه‌ی باجگاه شیراز پر شد. نمونه خاک مورد استفاده در آزمایشات دارای بافت لوم رسی، فاقد شوری (هدایت الکتریکی ۱/۷ دسی‌زیمنس بر متر) و pH برابر با ۸/۱ و غلظت آهن ۵ پی پی ام بود. سپس، نشاءهای گوجه فرنگی رقم Bedero در گلدان‌ها کاشته شدند. آبیاری در طول فصل رشد به‌طور منظم انجام شد. پس از استقرار نشاءها و رسیدن به طول تقریبی ۲۰ سانتی‌متر، تیمارهای آهن اعمال شدند. تیمارهای آهن شامل کود کلات آهن هیومیکی ۵ درصد (تولیدی شرکت آبادیس) در دو سطح ۱ (ABADIS 1) و ۲ (ABADIS 2) گرم برای هر گلدان، کود کلات آهن EDDHA ۶ درصد به میزان ۱ گرم برای هر گلدان و شاهد (بدون اعمال کود آهن) بود. بر این اساس، از تیمار کلات آهن هیومیکی، مقادیر ۱ گرم (ABADIS 1) و ۲ گرم (ABADIS 2) و از تیمار کلات آهن EDDHA فقط ۱ گرم در ۳۰۰ میلی‌لیتر آب حل شده و در گلدان‌های تیمار اعمال شد و برای تیمار شاهد فقط از آب استفاده شد. سپس، در زمان ۴۸ ساعت بعد از اعمال تیمارها و در زمان برداشت نهایی از خاک اطراف ریشه نمونه‌برداری شد و جهت اندازه‌گیری میزان آهن قابل جذب به آزمایشگاه ارسال شد. همچنین، بخش‌های هوایی و ریشه‌های گیاهان بعداز اتمام مرحله رشد رویشی و در ابتدای مرحله زایشی به طور مجزا تفکیک و پارامترهایی مانند ارتفاع اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی و طول و حجم ریشه گیاه با روش‌های استاندارد اندازه‌گیری و آنالیز شدند.

در نهایت، تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار SPSS 16 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد انجام شد.

۳- نتایج

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای کودی آهن بر پارامترهای ارتفاع اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، طول ریشه، حجم ریشه، غلظت آهن خاک ۴۸ ساعت پس از اعمال تیمارها، غلظت آهن قابل جذب خاک پس از برداشت و میزان جذب آهن اندام هوایی در جدول ۱ نشان داده شده است. همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، اثر تیمارهای کودی آهن بر شاخص‌های طول ریشه، حجم ریشه، غلظت آهن قابل جذب خاک ۴۸ ساعت پس از اعمال تیمارها و میزان جذب آهن اندام هوایی در زمان برداشت معنی دار می باشد.

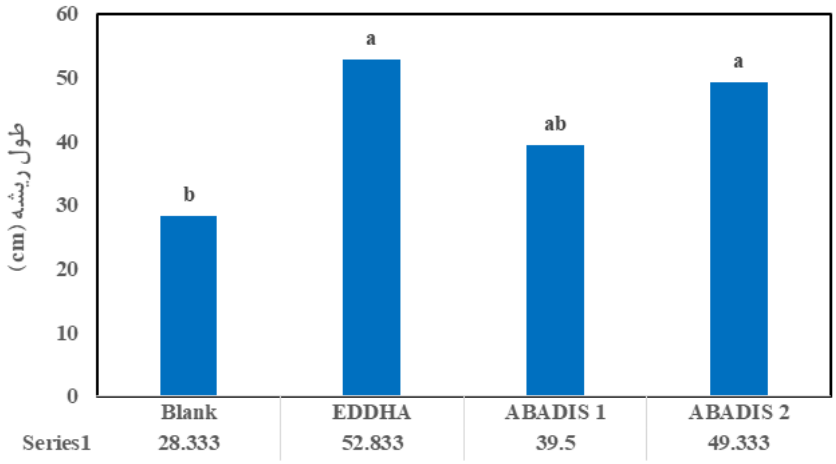
جدول ۱: نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثر تیمارهای کودی آهن بر خصوصیات مورد اندازه‌گیری گوجه فرنگی

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات						
		ارتفاع اندام هوایی (cm)	وزن خشک اندام هوایی (g)	طول ریشه (cm)	حجم ریشه (cm^3)	غلظت آهن قابل جذب خاک ۴۸ ساعت (ppm)	غلظت آهن قابل جذب خاک پس از برداشت (ppm)	میزان جذب آهن اندام هوایی ($g\ pot^{-1}$)
تکرار	۲	۳۲/۳۳ ns	۷۰/۰۵ ns	۷۲/۰۶ ns	۱۸۹/۵۸ ns	۱/۶۲ ns	۶/۰۳ ns	۰/۱۷ ns
تیمار	۳	۷۶/۸۱ ns	۴۲/۴۷ ns	۳۶۳/۱۷**	۴۸۶/۳۰ *	۲۳۶/۸۷**	۴/۴۶ ns	۰/۴۴۸*
خطا	۶	۱۵۹/۰۹	۳۶/۳۲	۵۵/۶۴	۱۶۳/۸۱	۱/۵۸	۲/۲۶	۰/۹۷

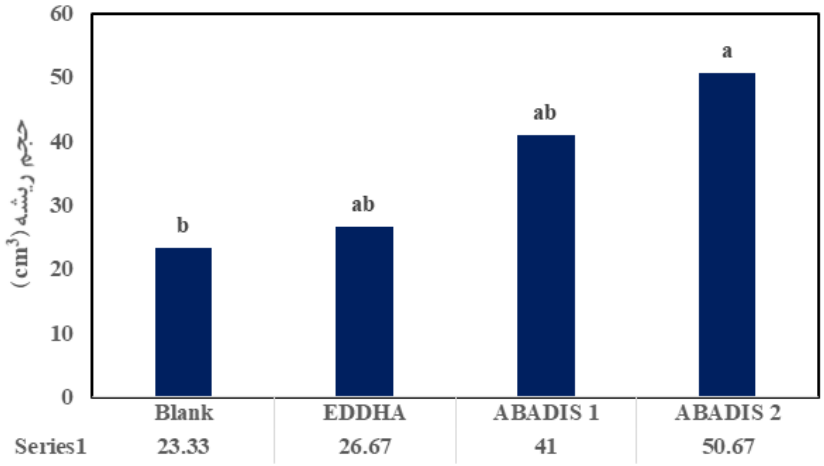
** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد. ns : معنی دار نیست

۳-۱- اثر تیمارهای کودی آهن بر رشد ریشه

طول و حجم ریشه: همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، تیمارهای کودی اثر معنی‌داری بر طول ریشه داشتند و بیشترین طول ریشه در تیمار EDDHA بدست آمد اما با تیمار ABADIS 2 اختلاف معنی‌داری نداشت. بعلاوه، اثر تیمارهای کودی مورد بررسی بر حجم ریشه گیاه گوجه فرنگی نشان داد که با افزودن هر سه کود آهن، حجم ریشه گوجه فرنگی نیز نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (شکل ۲). بعلاوه، تیمار ABADIS 2 بیشترین حجم ریشه را نسبت به بقیه تیمارها نشان داد. به طور کلی، بر اساس نتایج گزارش شده تیمار کودی حاوی هیومیک اسید سبب افزایش رشد ریشه گیاه می‌شود [۱۲].



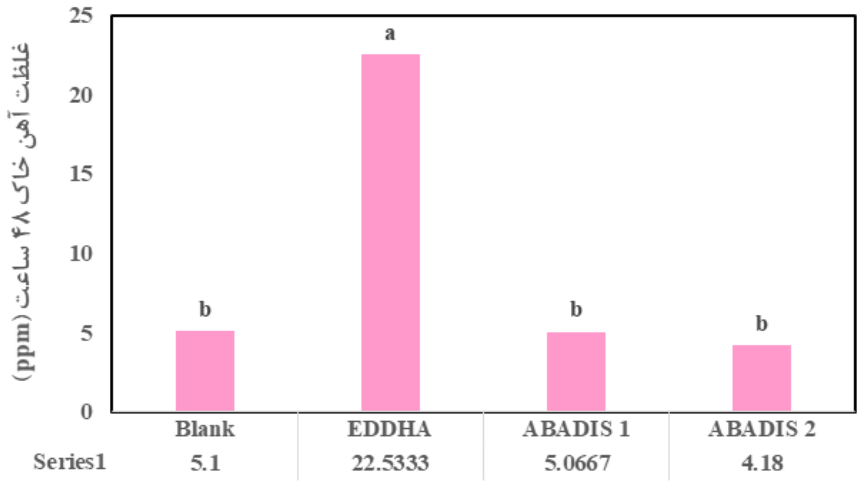
شکل ۱: اثر کودهای کلات آهن هیومیکی ۱ گرم (ABADIS 1) و ۲ گرم (ABADIS 2) در هر گلدان و کلات آهن EDDHA به میزان ۱ گرم در هر گلدان بر طول ریشه گوجه فرنگی در مقایسه با تیمار شاهد (Blank).



شکل ۲: اثر کودهای کلات آهن هیومیکی ۱ گرم (ABADIS 1) و ۲ گرم (ABADIS 2) در هر گلدان و کلات آهن EDDHA به میزان ۱ گرم در هر گلدان بر حجم ریشه گوجه فرنگی در مقایسه با تیمار شاهد (Blank).

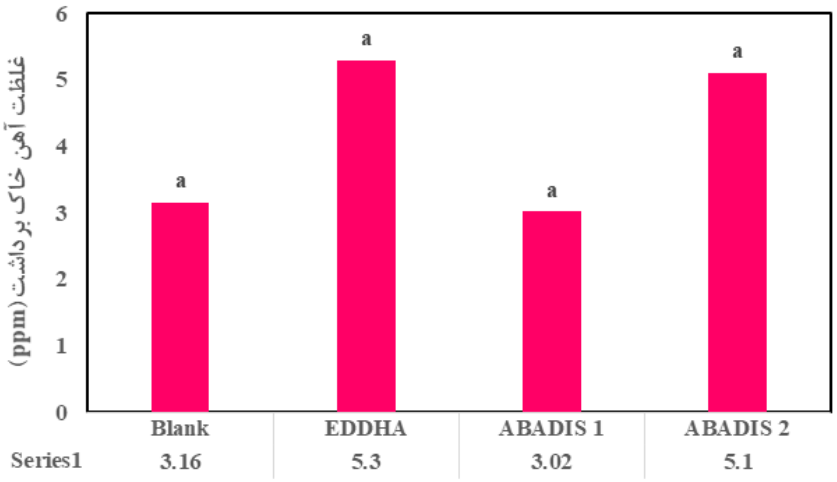
۳-۲- اثر تیمارهای کودی آهن بر غلظت آهن قابل جذب خاک، ۴۸ ساعت بعد از اعمال کودها

شکل ۳ غلظت آهن قابل جذب خاک را ۴۸ ساعت پس از اعمال تیمارهای کود آهن ABADIS 1، ABADIS 2 و EDDHA نشان می‌دهد. نتایج حاکی از آن است که در میان سه تیمار کودی آهن مورد مطالعه، غلظت آهن خاک ۴۸ ساعت پس از اعمال تیمارها در تیمار EDDHA نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد. در واقع، بیشترین مقدار آهن در خاک ۴۸ ساعت پس از اعمال تیمارها مربوط به تیمار EDDHA با میزان ۲۲/۵۳ پی‌پی‌ام بود. این در حالیست که دو تیمار کودی کلات آهن هیومیکی اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان ندادند (شکل ۳). این نتیجه نشان از رهاسازی سریع تر و افزایش سریع‌تر آهن قابل جذب خاک پس از اعمال تیمار EDDHA نسبت به سایر تیمارها دارد. به‌طور مشابهی، شهابی و همکاران [۱۳] در نتایج‌شان افزایش بیشتر غلظت آهن قابل جذب خاک را برای تیمار EDDHA نسبت به سایر تیمارهای کودی آهن گزارش کردند.



شکل ۳: اثر کودهای کلات آهن هیومیکی ۱ گرم (ABADIS 1) و ۲ گرم (ABADIS 2) در هر گلدان و کلات آهن EDDHA به میزان ۱ گرم در هر گلدان بر غلظت آهن قابل جذب خاک ۴۸ ساعت پس از اعمال تیمارها در مقایسه با تیمار شاهد (Blank).

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) اثر تیمارهای کودی بر میزان آهن قابل جذب خاک در زمان برداشت معنی دار نبود. با این حال نمودار مقایسه میانگین غلظت آهن قابل جذب خاک بعد از برداشت در تیمارهای اعمال شده در شکل ۴ ارائه شده است.

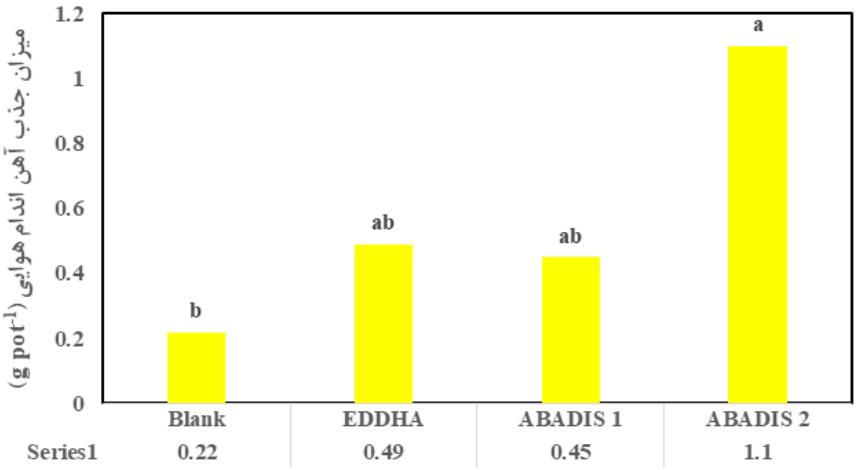


شکل ۴: اثر کودهای کلات آهن هیومیکی ۱ گرم (ABADIS 1) و ۲ گرم (ABADIS 2) در هر گلدان و کلات آهن EDDHA به میزان ۱ گرم در هر گلدان بر غلظت آهن قابل جذب خاک در زمان برداشت در مقایسه با تیمار شاهد (Blank).

۳-۳- اثر تیمارهای کودی آهن بر میزان جذب آهن اندام هوایی در زمان برداشت

شکل ۵ میزان جذب آهن اندام هوایی گوجه فرنگی در زمان برداشت را در سه تیمار کودی مورد مطالعه نشان می‌دهد. افزودن هر سه تیمار کودی آهن، میزان جذب آهن را در اندام هوایی گوجه فرنگی در زمان برداشت نسبت به شاهد افزایش داد. بعلاوه، همانطور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، میزان جذب آهن در اندام هوایی گوجه فرنگی در تیمار کود آهن هیومیکی ABADIS 2 نسبت به تیمار EDDHA بیشتر می‌باشد و میزان جذب آهن اندام هوایی در تیمار ABADIS 1 نیز تقریبا مشابه تیمار EDDHA است. نتایج مطالعات پیشین نیز حاکی از افزایش جذب آهن اندام هوایی گیاهان مختلف در تیمار کلات آهن هیومیکی است [۱۴، ۱۵]. این در حالیست که اندازه گیری غلظت آهن قابل جذب خاک ۴۸ ساعت بعد از اعمال کود (شکل ۳)، بالا ترین غظت آهن قابل جذب خاک را در تیمار کلات آهن EDDHA نشان داد و پس از برداشت تفاوت معنی داری بین میزان آهن قابل جذب خاک در تیمارهای کلات آهن EDDHA و کلات آهن ABADIS و شاهد مشاهده نشد (شکل ۴). با توجه به اینکه اثر تیمارهای کودی بر عملکرد اندام هوایی معنی دار نبود و مقایسه میانگین عملکرد اندام هوایی تیمارهای کودی تفاوت معنی داری را از لحاظ آماری نشان نداد این اثر تنها با این مفهوم قابل توجیه است که احتمالا آهن اضافه شده به خاک به فرم EDDHA در طول فصل رشد به دلیل حلالیت بالا در اثر آبشویی از دسترس گیاه خارج شده است، همچنین امکان شکستن کلات شیمیایی Fe-EDDHA و تبدیل آهن به فرم غیر قابل جذب (رسوب آهن در خاک به فرم کربناتی) در طی فصل رشد نیز در خاکهای آهکی با توجه به کیفیت کود وجود دارد. اما مولکول آلی هیومیک اسید با ذرات خاک پیوند محکم برقرار کرده و آبشویی و حرکت آن از محدوده ریزوسفر کمتر صورت می‌گیرد، از سوی دیگر پیوند پایدار ترمودینامیکی ملکول آلی هیومیک اسید با آهن منجر به رهاسازی تدریجی آهن در خاک شده و چون این آهن با مولکول‌های آلی هیومیک اسید کلات است، تثبیت آهن به فرم غیر قابل جذب در خاک (رسوب آهن) صورت نگرفته و به مرور جذب گیاه می شود، درنتیجه شاهد افزایش رشد گیاه ناشی از جذب آهن و اثرات مثبت هیومیک اسید بر جذب آهن توسط گیاه هستیم. هیومیک اسید می‌تواند با افزایش فراهمی آهن در خاک و ریزوسفر و تأثیر بر مکانیسم‌های جذب و انتقال آن در گیاه بر

تغذیه آهن تأثیر بگذارد [۱۶]. در این زمینه، چیسچی و همکاران [۱۰] نشان دادند که تیمار کلات آهن هیومیکی توانست آزادسازی تدریجی و فزاینده آهن را برای رشد مرکبات در شرایط خاک آهکی فراهم کند و کمبود آهن را در سال اول کاربرد با نتایجی مشابه با اعمال کود EDDHA برطرف کند. بر اساس نتایج این محققان، کود کلات آهن هیومیکی یک کود ارزان و سازگار با محیط زیست است که به دلیل محدودیت جنبشی خود در خاک‌های آهکی و باقی ماندن در محیط اطراف ریشه، می‌تواند تأثیر طولانی مدتی در تأمین آهن درختان مرکبات داشته باشد.



شکل ۵: اثر کودهای کلات آهن هیومیکی ۱ گرم (ABADIS 1) و ۲ گرم (ABADIS 2) در هر گلدان و کلات آهن EDDHA به میزان ۱ گرم در هر گلدان بر میزان جذب آهن اندام هوایی گوجه فرنگی در مقایسه با تیمار شاهد (Blank).

۴- نتیجه گیری

مقایسه کارایی کود کلات آهن هیومیکی با کلات آهن EDDHA بر رشد رویشی گیاه گوجه فرنگی نشان داد که کود کلات آهن هیومیکی اثر قابل رقابتی نسبت به کلات آهن EDDHA که یک منبع استاندارد اما گران قیمت آهن با اثرات زیست محیطی می‌باشد داشته است. هرچند تیمار کود کلات آهن EDDHA سبب افزایش معنی‌دار و سریع آهن خاک در ۴۸ ساعت پس از اعمال تیمارها شد، بیشترین میزان جذب آهن در اندام هوایی گیاه در زمان برداشت در تیمار کلات آهن هیومیکی ABADIS 2 مشاهده شد و میزان جذب آهن اندام هوایی تیمار ABADIS 1 نیز تقریبا مشابه تیمار EDDHA بود. بنابراین می توان نتیجه گرفت که مصرف کود کلات EDDHA بصورت خاکی چنانچه با علائم کمبود عنصر آهن در گیاه مواجه باشیم به دلیل رهاسازی سریع آهن قابل جذب می تواند در رفع سریع کمبود اثر بگذارد در صورتی که آهن هیومیکی قادر به رهاسازی سریع آهن قابل جذب در محلول خاک نبوده و در صورت بروز علائم کمبود مصرف خاکی این کود، جهت رفع سریع علائم مناسب نمی باشد اما مصرف این کود به میزان مناسب در مراحل اولیه رشد رویشی می تواند مورد توجه قرار گیرد چون قادر به حفظ آهن قابل جذب خود به فرم کلات با هیومیک اسید بوده که این فرم آهن به راحتی با کارایی جذب بیشتر و ثبیت کمتر در خاک طی فصل رشد می تواند توسط گیاه جذب شود و ضمن داشتن اثرات مثبت هیومیک اسید بر رشد و نمو گیاه از بروز علائم کمبود آهن در طی فصل رشد

جلوگیری نماید. یافته‌های این تحقیق نشان می دهد که کود کلات آهن هیومیکی به عنوان یک منبع کودی ارزان تر و سازگار با محیط زیست می‌تواند آهن مورد نیاز گیاه را تأمین کرده و همچنین سبب افزایش فاکتورهای رشدی شود و اثراتی مشابه با کود کلات آهن رایج EDDHA که کودی گران قیمت و دارای اثرات زیست محیطی است، بر رشد گیاه داشته باشد. اما برای رفع سریع کمبود آهن گیاه، باید کود کلات آهن EDDHA مورد توجه قرار گیرد.

۵- قدردانی

بدین وسیله از مدیریت شرکت آبادیس و شرکت سبز کاوشان جهت حمایت مالی و اجرایی این پروژه پژوهشی تشکر و قدردانی می شود.

مراجع

[1] Cakmak, I., 2002. Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food in sustainable ways. In Progress in Plant Nutrition: Plenary Lectures of the XIV International Plant Nutrition Colloquium: Food security and sustainability of agro-ecosystems through basic and applied research (pp. 3-24). Springer Netherlands.

[2] Nuzzo, A., De Martino, A., Di Meo, V. and Piccolo, A., 2018. Potential alteration of iron–humate complexes by plant root exudates and microbial siderophores. Chemical and Biological Technologies in Agriculture, 5(1):1-7.

[3] Cieschi, M.T., Polyakov, A.Y., Lebedev, V.A., Volkov, D.S., Pankratov, D.A., Veligzhanin, A.A., Perminova, I.V. and Lucena, J.J., 2019. Eco-friendly iron-humic nanofertilizers synthesis for the prevention of iron chlorosis in soybean (Glycine max) grown in calcareous soil. Frontiers in plant science, 10, p.413.

[4] Fageria, N.K., M.P. Barbosa Filho, A. Moreira, and C.M. Guimar. 2009. Foliar fertilization of crop plant. J. Plant Nutr. 32: 1044-1064.

[5] Monreal, C.M., DeRosa, M., Mallubhotla, S.C., Bindraban, P.S. and Dimkpa, C., 2016. Nanotechnologies for increasing the crop use efficiency of fertilizer-micronutrients. Biology and fertility of soils, 52:423-437.

[6] Bocanegra, M.P., Lobartini, J.C. and Orioli, G.A., 2004. Iron-humate as a source of iron for plants. Communications in soil science and plant analysis, 35(17-18):2567-2576.

[7] Lobartini, J.C., Curvetto, N.R. and Orioli, G.A., 1986. Optimization of the labelling of humic acid with radioiodine. International Journal of Radiation Applications and Instrumentation. Part A. Applied Radiation and Isotopes, 37(3):237-239.

[8] Kovács, K., Czech, V., Fodor, F., Solti, A., Lucena, J.J., Santos-Rosell, S. and Hernández-Apaolaza, L., 2013. Characterization of Fe–leonardite complexes as novel natural iron fertilizers. Journal of agricultural and food chemistry, 61(50):12200-12210.

[9] Cieschi, M.T. and Lucena, J.J., 2021. Leonardite iron humate and synthetic iron chelate mixtures in Glycine max nutrition. Journal of the Science of Food and Agriculture, 101(10):4207-4219.

[10] Cieschi, M.T., Caballero-Molada, M., Menendez, N., Naranjo, M.A. and Lucena, J.J., 2017. Long-term effect of a leonardite iron humate improving Fe nutrition as revealed in silico, in vivo, and in field experiments. Journal of agricultural and food chemistry, 65(31):6554-6563.

[12] Rose, M.T., Patti, A.F., Little, K.R., Brown, A.L., Jackson, W.R. and Cavagnaro, T.R., 2014. A meta-analysis and review of plant-growth response to humic substances: practical implications for agriculture. Advances in agronomy, 124:37-89.

[۱۳] شهابی، ع.ا.، حقیقت، ا.، حاتمی‌پور، م.ص. ۱۳۹۴. ارزیابی آزمایشگاهی و گلخانه‌ای یک نوع کلات آهن تولید داخل (ptz-Fe)، چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران، رفسنجان.

[14] Zamboni, A., Zanin, L., Tomasi, N., Avesani, L., Pinton, R., Varanini, Z. and Cesco, S., 2016. Early transcriptomic response to Fe supply in Fe-deficient tomato plants is strongly influenced by the nature of the chelating agent. BMC genomics, 17(1):1-17.

[15] Zanin, L., Tomasi, N., Rizzardo, C., Gottardi, S., Terzano, R., Alfeld, M., Janssens, K., De Nobili, M., Mimmo, T. and Cesco, S., 2015. Iron allocation in leaves of Fe-deficient cucumber plants fed with natural Fe complexes. Physiologia plantarum, 154(1):82-94.

[16] Zanin, L., Tomasi, N., Cesco, S., Varanini, Z. and Pinton, R., 2019. Humic substances contribute to plant iron nutrition acting as chelators and biostimulants. Frontiers in Plant Science, 10, p.675.