مجله پژوهش‌های به زراعی
جلد۱۴ ، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۱

مجله پژوهش‌های به زراعی

مقایسه اثرات کود های کلات آهن بر میزان آهن خاک و گیاه در حضور و عدم حضور گیاه

علی بخشی[1]*، حسین میرسید حسینی[1]، غلام باقری مرندی[2]، سعید اکبری مهر[3]

۱-گروه علوم و مهندسی خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۲- گروه شیمی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران
۳- دانشجوی دکتری، گروه زراعت، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۶/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۹/۱۷

چکیده

در این تحقیق سه نوع کلات آهن که شامل کودهای سولوفید (Sulfeed)، فری لن (Frilan) با عامل کلات کننده EDDHA، کود پترکیمیا با عامل کلات کننده EDTA و کودسولفات آهن مورد مقایسه قرار گرفت. این تحقیق در سال ۱۳۹۱ در دو مرحله انجام شد. در مرحله اول آزمایش خوابانیدن در خاک که طی آن میزان فراهمی آهن این کودها در خاک در زمان های متفاوت (۳۸ و ۵۶ روز) از طریق عصاره گیری با DTPA مورد مقایسه قرار گرفت. سپس در آزمایش گلخانه ای تاثیر این کود ها در سه سطح کودی (۱۵، ۳۰ و ۴۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بر میزان غلظت آهن در گیاه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج آزمایش ها نشان داد که در آزمایش خوابانیدن خاک، کود های سولوفید و فری لن میزان آهن قابل جذب بیشتری (به ترتیب $mg.kg^{-1}$ ۶/۱ و $mg.kg^{-1}$ ۹/۳) در مدت ۳۸ روز بعد از قرار گرفتن در آزمایش خوابانیدن خاک داشتند و در ۵۶ روز همه کودها به میزان مساوی آهن آزاد در خاک داشتند. همچنین نتایج کشت گیاه ذرت سینگل گراس۲۶۰ در حضور تیمار های کودی آهن مشخص کرد که بیشترین میزان آهن در برگ گیاه ($mg.kg^{-1}$ ۸۰) و بیشترین میزان آهن قابل دسترس در خاک ($mg.kg^{-1}$ ۸) پس از برداشت گیاه مربوط به کود سولوفید می‌باشد. به طور کلی کود های سولوفید و فری لن درتمام آزمایش ها اثرات مثبت بیشتری بر جذب آهن در گیاه و افزایش میزان آهن آزاد خاک داشتند.

واژه‌های کلیدی: کلات، کلروز، EDDHA، EDTA

* نگارنده مسئول (ali.bakhshi.1795@gmail.com)

مقدمه

آهن یکی از عناصر مهم و ضروری برای رشد گیاه می باشد. آهن بعد از آلومینیوم دارای بیشترین فراوانی در پوسته جامد زمین می باشد، آهن در خاک ها به شکل کانی های اولیه و ثانویه و در ساختار کانی هایی مثل هماتیت،گئوتیت، سیدریت، پیریت و الیوین و ... یافت می شود (Leoppert, 1985 Vampati & Leoppert, 1988 ;). آهن در کلروپلاست در سیتوکروم قرار گرفته و باعث انجام فرایند های فتوسنتز می شود و در فرودوکسین نقش انتقال الکترون را بر عهده دارد (Marschner, 1995). جهت جبران کمبود آهن استفاده از کلات های آهن به عنوان یک کود شناخته شده بسیار با اهمیت می‌باشد. از جمله این کود ها کلات های آهن با عامل EDDHA و EDTA می‌باشد که تحقیقات مستدلی جهت رفع کمبود آهن از گیاه توسط این کود ها انجام گردیده است (Lucena, 2003; Lucena, 2006 Nadal, Garcia-Mina *et al.*,2003 Hasegawa & Azizur (2011) .(2009; در مورد تاثیر لیگاند های کلات کننده در دسترسی زیستی و تحرک آهن و تاثیر بر رشد تربچه تحقیقی را انجام دادند. Schenkeveld(2010) در خصوص Fe^{+3}- EDDHA و افزایش جذب آهن در رابطه با رفتارهای این کلات در سیستم های خاک و گیاه بر اساس زمان و مقدار آن بررسی تحقیقی را انجام دادند. Mikami (2011) در مورد احیای آهن و کلات آهن در سلول های مزوفیل برگ در جو و سورگوم تحت شرایط کمبود آهن تحقیقی را انجام دادند. به طور کلی تولید کود در داخل کشور با توجه به هزینه واردات آن می‌تواند از هزینه های تولید کشاورزان کم کند ولی در عین حال کیفیت کود تولیدی باید مطلوب باشد تا قابل استفاده برای مصرف کننده باشد و در این جهت مقایسه کود ها با محصولات خارجی انجام می‌شود.

مواد و روش ها

خاک مورد آزمایش به صورت تصادفی از منطقه کردان واقع در استان البرز که خاک های با pH بالا داشت، تا عمق ۳۰ سانتیمتری نمونه برداری شد. تمام خاک ها از الک ۴ میلی متر عبور داده شد و آماده سازی برای انجام نگه داری شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک با روش های استاندارد انجام شد. مقدار آهن قابل استفاده با روش DTPA (Linsay & Norvell, 1978) تعیین گردید (جدول۱).

آزمایش انکوباسیون در سه تکرار و با ۴ تیمار کودی به همراه یک تیمار شاهد انجام شد که در دو زمان ۳۸ و ۵۶ روز از طریق حذف واحد های آزمایشی نمونه برداری انجام گردید. ابتدا گلدان ها به ۸۰٪ رطوبت زراعی رسیده و تیمار $۳۰ mg.kg^{-1}$ از کود ها به گلدان ها به صورت محلول اضافه گردید سپس سر گلدان ها با پارافیلم پوشانده شد و گلدان ها توزین از شدند. گلدان ها در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و بدون حضور نور در دوره زمانی ۳۸ روز و ۵۶ روز داخل دستگاه انکوباسیون نگهداری شدند. در این مدت هر سه روز یک بار میزان رطوبت از طریق وزنی اندازه گیری شد و میزان کاهشی رطوبت جبران گردید. در زمان ۳۸ روز یک سری گلدان ها (۳ تکرار در ۵ تیمار) از دستگاه خارج نمونه بر داری و جهت اندازه گیری با عصاره گیر DTPA آماده گردید. میزان آهن عصاره های تیمار های کودی با دستگاه جذب اتمی قرائت گردید. در ۵۶ روز نیز سری بعدی نمونه ها استخراج و به شیوه ذکر شده عصاره گیری و میزان آهن قابل جذب آن اندازه گیری شد. داده ها جهت آنالیز آماری ذخیره گردید.

آزمایش کشت گیاه در سال ۱۳۹۱ بصورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تیمار کودی ($mg.kg^{-1}$ ۱۵، ۳۰ و ۴۵) با ۵ تیمار (تیمار ۵ شاهد می‌باشد) و در ۴ تکرار انجام گردید. بر اساس آزمون خاک تیمار

های کودی عناصر پر مصرف با دو سوم خاک مخلوط و یک سوم بقیه خاک بعدا اضافه گردید. عناصر کم مصرف به صورت محلول هوگلند (بدون آهن) بعد از کشت به خاک اضافه گردید. بذر گیاه ذرت سینگل کراس ۲۶۰ جهت جوانه زنی استریل و به مدت ۴۸ ساعت در انکوباسیون قرار داده شد سپس گلدانها به رطوبت ۸۰ ٪ ظرفیت زراعی و تیمار های کودی در گلدانها با بورت اضافه گردید تا به صورت یکنواخت در خاک پخش شود و کشت انجام گردید. جهت اندازه گیری رطوبت گلدانها بعد از کشت توزین و هر روز رطوبت گلدان ها اندازه گیری و میزان رطوبت اضافه شد. بعد از گذشت ۷۰ روز برداشت اندام هوایی و ریشه صورت گرفت و برای برگ و ساقه و ریشه جداگانه درنمونه های خشک میزان غلظت آهن و مس با عصاره گیری از گیاه (Watson & Isaac, 1990) انجام گرفت و غلظت عصاره ها با استفاده از دستگاه جذب اتمی قرائت شد. میزان آهن قابل جذب خاک گلدانها پس از کشت نیز از طریق عصاره گیری از خاک DTPA تعیین شد.

نتایج و بحث

جدول ۱ خلاصه نتایج نمونه خاک مورد استفاده در آزمایش را نشان می‌دهد. بافت خاک مورد نظر محدودیتی برای کشت نداشته و مقدار آهن آن نشان دهنده محدودیت و کمبود این عنصر می‌باشد به علاوه بالا بودن pH خاک نیز می‌تواند پتانسیل بروز کمبود آهن در خاک را نشان دهد. محدودیت فسفر و سایر عناصر از طریق کود پاشی تامین گردید.

جدول ۱- نتایج حاصل خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

مشخصه	مقدار اندازه گیری شده	مشخصه	مقدار اندازه گیری شده	مشخصه	مقدار اندازه گیری شده
شن	۳۹٪	پتاسیم قابل جذب (۳۳)	۲۳۰ $mg.kg^{-1}$	عصاره اشباع pH(۳۰)	۸/۲
سیلت	۳۶٪	DTPA مس (۱۷)	۱/۶۱ $mg.kg^{-1}$	عصاره اشباع EC(۳۰)	/۷dS/m
رس	۲۵٪	DTPA منگنز (۱۷)	۳/۵۷ $mg.kg^{-1}$	CEC(۵)	۱۲Cmol+/kg
کلاس بافت (۱۰)	لوم	DTPA روی (۱۷)	۱/۳۸ $mg.kg^{-1}$	مواد آلی(٪) (۳۵)	۰٪/۶۱
نیتروژن کل(٪) (۳۰)	۰٪/۰۵۳	DTPA آهن (۱۷)	۱/۶۷ $mg.kg^{-1}$	در صد اشباع	۳۲٪
فسفرقابل جذب (۲۸)	۵/۶ $mg.kg^{-1}$	FC	۲۰٪	کربنات کلسیم (۳۳)	۷٪/۲۳

جدول ۲- جدول مشخصات کود ها:

نام کود	علامت مشخه	فرمول	درصد آهن
سولفات آهن	SI	$FeSO_4(7H_2O)$	٪۲۰
فری لن	FL	$FeC_{18}H_{20}O_6N_2$(FEEDDHA)	٪۶
سولو فید	SF	$FeC_{18}H_{20}O_6N_2$(FEEDDHA)	٪۶
پترو کیمیا	PK	Fe C10H16O8N_2(EDTA)	٪۶

جدول ۲ نشان دهنده خصوصیات کود های مورد آزمایش است که بر اساس فرمول ارئه شده توسط کارخانه سازنده و در صد آهن گزارش شده بوده است .

استفاده از کود سولفات آهن درآزمایش نیز جهت داشتن یک منبع تامین آهن غیر کلاته بوده است.

آزمایش انکوباسیون

جدول ۳- خلاصه جداول تجزیه واریانس خاک، آزمایش خوابانیدن در عصاره گیری با DTPA

منابع تغییر	درجه آزادی	ارزش F
	۳۸ روز	
اثر نوع کود	۴	۲۶/۴۴۳ **
خطا	۱۰	
	۵۶ روز	
اثر نوع کود	۴	۹/۵۵۶**
خطا	۱۰	

(**در سطح ۱٪ معنی‌دار)، (* در سطح ۵٪ معنی‌دار)، (n.s غیر معنی‌ار)

بر اساس اطلاعات جدول ۳ بعد از گذشت ۳۸ و ۵۶ روز در آزمایش خوابانیدن خاک، اندازه گیری آهن با روش استخراج با DTPA، بین تیمار شاهد و تیمار های کودی تفاوت معنی‌داری ($P<۰/۰۱$) وجود دارد و همین طور بین تیمار های کودی نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده شد.

جدول ۴- مقایسه ستونی میانگین تیمار های کودی در عصاره گیری با DTPA

نام کود	DTPA-Exe ($mg.kg^{-1}$) ۳۸ روز	DTPA-Exe ($mg.kg^{-1}$) ۵۶ روز
پتروکیمیا	۴,۴۶c	۳,۰۴a
سولوفید	۶,۱۳۱b	۲,۷۶۱a
سولفات آهن	۳,۳۸۵c	۲,۴۷۱a
فری لن	۹,۳۷۱a	۳,۰۴a
شاهد	۱,۵۳۹d	۰,۹۱۶b

(مقایسه میانگین با آزمون دانکن در سطح ۰/۰۵ می‌باشد)

در مقایسه میزان آهن با روش استخراج با DTPA بعد از ۳۸ روز در جدول ۴ فری لن دارای بیشترین میزان آهن استخراج شده بود و نتایج به صورت، «شاهد FL>SF>PK>SI> » می‌باشد. در مقایسه میزان آهن با روش استخراج با DTPA بعد از ۵۶ روز در جدول۴ بین تیمار های کودی هیچ تفاوتی مشاهده نشد نتایج به صورت، «شاهد PK=SF=FL=SI>» می‌باشد. با توجه به نظر Hoffland & Schenkeveld (2011) آبشویی کلات ها در اوایل خوابانیدن بیشتر اتفاق می‌افتد که با گذشت زمان این امر کاهش داشته که به خاطر جذب بیشتر در فاز جامد می‌باشد وخطرات ناشی از آبشویی کلات ها کاهش پیدا می‌کند. همین طور در خاک های آهکی پایداری EDTA خیلی کم است هم هیدرولیز قلیایی و هم جانشینی کلسیم به جای آهن اثرات آنها را کاهش می‌دهد (Boxoma & Groot, 1971). میزان آهن قابل استخراج با DTPA در مدت های ۳۸ روز در همه تیمار های کودی نسبت به حالت ۵۶ روز افزایش از خود نشان داد که این خود نشان از کاهش آهن قابل جذب در خاک در بلند مدت داشت البته با توجه به شرایط برابر، کود ها با گذشت زمان از فاز محلول به فاز جامد انتقال می‌یابند که این مقدار در کودهای سولوفید و فری لن کمتر می‌باشد. این نتایج با نتیجه تحقیق Gucht (1954)، Ylivainio (2010)، Hoffland & Schenkeveld (2011) منطبق بود.

آزمایش کشت گیاه

بر اساس جدول ۵ تجزیه واریانس در استخراج آهن از خاک گلدان ها به وسیله DTPA بین تیمار شاهد و سطوح کودی و سطوح کودی با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) وجود دارد و سایر منابع تغییر تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند. بر اساس همین جدول اندازه گیری میزان آهن موجود در برگ بین تیمارهای کودی و تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری ($P<۰/۰۱$) از نظر آماری بود. همچنین اثر سطوح کودی با تیمار شاهد

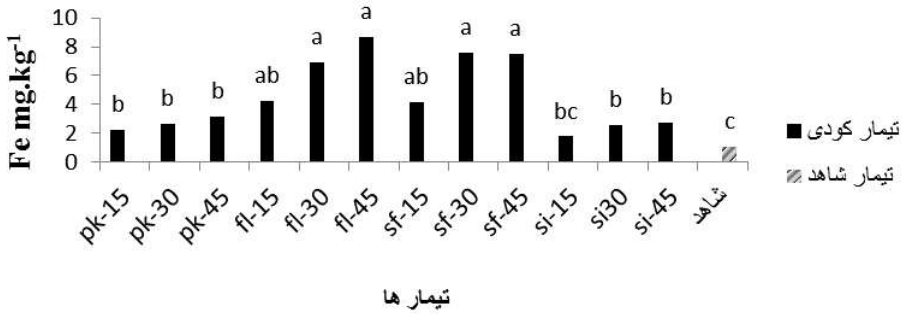
تفاوت معنی‌داری (P<۰/۰۵) در برگ ها داشت. همینطور تجزیه واریانس میزان آهن اندازه گیری شده در ساقه بین سطوح و تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری (P<۰/۰۵) مشاهده شد. در سایر منابع تغییر هیچ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. و میزان آهن موجود در ریشه در سطوح تیمارهای کودی و تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری (P<۰/۰۵) مشاهده شد. و سایر منابع تغییر هیچ تفاوت معنی‌داری را نشان نداند.

جدول ۵- خلاصه جدول تجزیه واریانس برای آهن اندازه گیری شده در خاک گلدانها بعد از کشت، برگ، ساقه و ریشه ذرت

منابع تغییر	درجه آزادی	آهن بعد از کشت Fارزش	آهن برگ Fارزش	آهن ساقه Fارزش	آهن ریشه Fارزش
اثر سطح کود	۲	۴/۷۷۸*	۳/۸۵۳ *	۳/۲۵۲*	۳/۴۳۶۸*
اثر نوع کود	۴	۰/۳۰۴ ns	۲/۶۶۷ ns	۱/۵۳۳ ns	۰/۳۵۴۷ ns
اثر سطح کود× نوع کود	۸	۰/۵۷۹ ns	۴/۳۸۸ **	۱/۸۴۷ ns	۰/۸۰۴۴ ns
خطا	۴۵				

(**در سطح ۱٪ معنی‌دار)(* در سطح ۵٪ معنی‌دار)، (nS غیر معنی‌دار)

در مقایسه میزان آهن استخراج شده از خاک گلدان ها به وسیله DTPA در شکل۱ سطوح ۳۰ و ۴۵ میلی گرم در کیلو گرم کودهای سولوفید و فری لن بیشترین مقدار آهن قابل استخراج در خاک را دارند و از طرفی سایر سطوح کودی این تیمار ها و سطوح کودی سایر تیمار ها به جز شاهد در سطوح بعدی قرار گرفتند. Christ (1974) عنوان کرد که با کاهش میزان آهن درفاز محلول میزان آهن قابل جذب افزایش می‌یابد. باید توجه داشت که هر چه کلات پایداری بیشتری داشته باشد و غلظت آن افزایش یابد میزان جذب در خاک آن کاهش وبیشتر در دسترس گیاه قرار می‌گیرد (Hasegawa, 2012). با اندازه گیری آهن موجود در خاک گلدان‌ها بعد

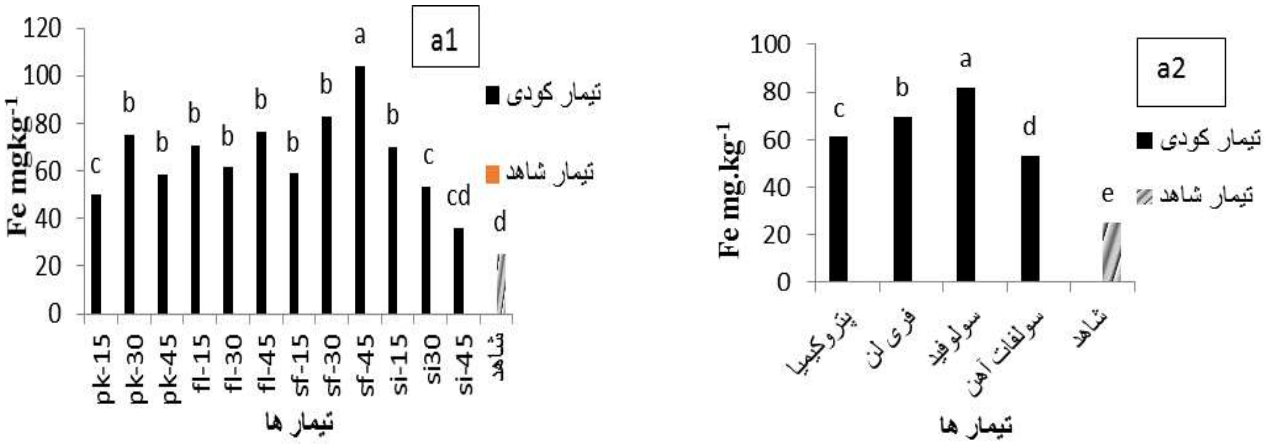


شکل ۱ – مقایسه مقدار آهن ($mg.kg^{-1}$) خاک گلدان ها در آزمایش کشت DTPA -ext

از کشت نتایج این طور نشان می‌دهد که وقتی از کود های فری لن و سولوفید استفاده می‌شود با افزایش میزان سطوح کود میزان دسترسی آهن در محلول خاک افزایش می‌یابد. میزان آهن جذب فاز جامد شده نسبت مستقیم با پایداری کلات ها دارد از این رو میزان جذب آهن در فاز جامد در دوره کشت با توجه به میزان سطوح کودی تا حدی قابل قبول می‌باشد، چون اثرات ریشه گیاه و جذب آن برروی نتایج موثر و پیش بینی ها را تا حدی دشوار می‌سازد. این نتایج با نتایج Christ (1974) مطابقت ندارد ولی با نتایج Hasegawa(2012)، Norvell (1991) مطابقت دارد. در مقایسه میزان آهن استخراج شده از برگ که در شکل 2- a_1 و 2-a_2 مشاهده می‌شود، تیمار کودی سولوفید بیشترین میزان جذب آهن در برگ و سپس فری لن و سپس پتروکیمیا و در سطح پایین تر سولفات آهن قرار داشتند که نتایج به صورت «شاهد <SF>FL>PK>SI» می‌باشد. و در مقایسه سطوح کودی نیز تنها کود سولوفید سطح $mg.kg^{-1}$ ۴۵ دارای بیشترین میزان جذب آهن در گیاه می‌باشد. در مقایسه میزان آهن موجود در ساقه شکل 3- b در سطوح هر تیمار کودی سطح $mg.kg^{-1}$ ۴۵ و ۱۵ برای همه کود ها بیشترین جذب آهن در ساقه را داشته است. نتایج به صورت« شاهد<۳۰>۱۵= ۴۵ » می‌باشد. در مقایسه میزان آهن موجود در ریشه شکل 3-c برای هر کود در

سطح $mg.kg^{-1}$ ۴۵ بیشترین افزایش جذب آهن در ریشه را داشته و سطح $mg.kg^{-1}$ ۳۰ هر تیمار کودی آهن کمتری در ریشه گیاه جذب کرده بود و یا تجمع داده بود. بالاخره سطح $mg.kg^{-1}$ ۱۵ هر تیمارهای کودی کمترین میزان جذب آهن در ریشه برای آن کود در همه تیمار های کودی را دارا بود، اگر چه در بعضی موارد با سطح $mg.kg^{-1}$ ۳۰ اختلاف معنی‌دار نداشت. نتایج به صورت «شاهد<۱۵<۳۰< ۴۵» نشان داده می‌شود. البته به طور کلی سطوح $mg.kg^{-1}$ ۳۰ و ۴۵ تیمار کودی پتروکیمیا در ریشه بیشترین میزان جذب آهن را نشان می‌داد. امروزه راهکار استفاده از کود های کلاته نقش بسیار مهمی در افزایش عملکرد گیاهی دارد (Mirsseyed & Savaghebi, 2008، Mihucz & Csog, 2012). افزایش جذب آهن توسط کلات های مختلف در خاک های آهکی و همین طور رفع کلروز ناشی از کمبود آهن در گیاهان در این خاک ها توسط تحقیقات مختلفی گزارش شده است (Mirsseyed ،Hasegawa & Azizur, 2011 Nadal *et al.*, 2009 ،& Savaghebi, 2008 ، Sadra, 2010) در تحقیقی که Mihucz & Csog (2012) بر روی جذب آهن در اندام های مختلف گیاهی انجام دادند، نتیجه گرفتند که جذب در اندام های هوایی وابسته به نوع کلات می‌باشد. بررسی میزان آهن در اندام های مختلف گیاهی در این آزمایش نشان داد که در برگ تیمار کود سولوفید و فری لن بیشترین جذب آهن را داشته و در مورد ساقه سطوح کودی $mg.kg^{-1}$ ۱۵ و ۴۵ بیشترین عملکرد را در تمام کود ها داشتند. آهن موجود برای تیمار ریشه کود پتروکیمیا در سطوح $mg.kg^{-1}$ ۳۰ و ۴۵ بیشتر از سایر تیمار ها بود. این نتایج با نتایج Hasegawa & ،Hasegawa, (2012) Nadal *et al.*, (2009) Azizur, (2011)، Lucena ،Garcia-Mina *et al.*,(2003) Lucena & Garate (1987) و (2006) مطابقت داشت. البته باید توجه داشت که میزان جذب آهن در برگ در تمام تیمار های کودی در محدوده کفایت برای گیاه گرفته است که این با نتایج ملکوتی و تهرانی (۱۳۸۴) مطابقت دارد. از طرفی در ساقه این مقدار کاهش زیادی نسبت به برگ

داشته و وقتی میزان آهن ریشه مورد بررسی قرار گرفت مشاهده شد این میزان از میزان آهن جذب شده در اندام هوایی بسیار زیاد تر می‌باشد. که این نتیجه با نتایج Lineham & ShepHerd (1979) و Bell *et al* (2005) منطبق است. بالاتر بودن آهن موجود در ریشه نسبت به ساقه را می‌توان به عدم جذب کامل این عنصر نسبت داد و این احتمال وجود دارد که این عنصر به صورت اکسیدهای آهن بعد از خروج از کلات در سطوح اطراف تار های ریشه قرار گرفته که به راحتی و حتی با شستشوی ریشه از بین نخواهد رفت. مشابه این نتایج توسط Zheng & Tang (2009) نیز گزارش شده است.

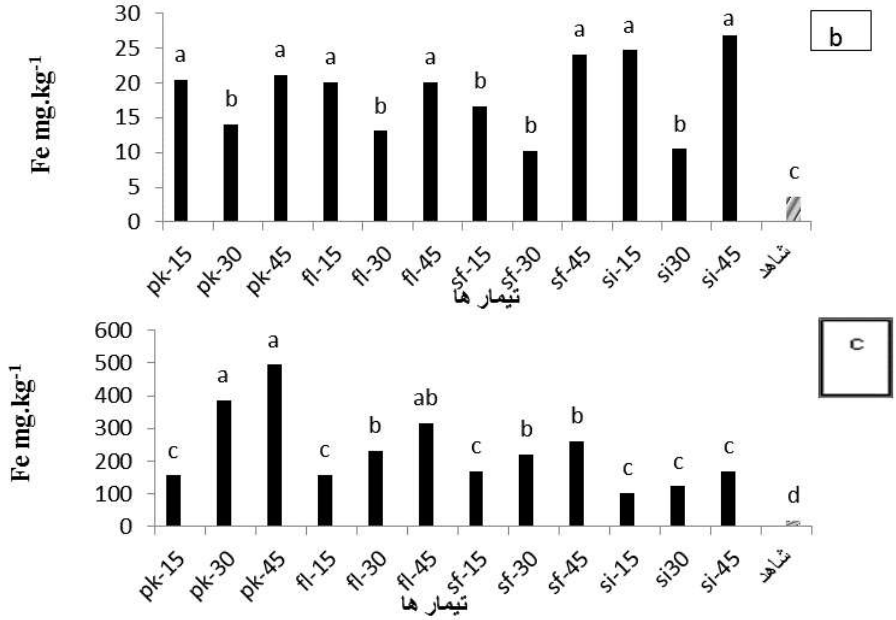


شکل۲- مقایسه میزان آهن موجود در برگ گیاه ($mg.kg^{-1}$) در تیمار های مختلف کودی به ترتیب برای سطوح کودی برگ (a1) و اثر نوع کود در برگ (a2)

اندازه گیری مس در اندام هوایی

اندازه گیری مس با هدف شناسایی اثرات آنتاگونیستی که با آهن دارد انجام شد. برهم کنش های کلات آهن درخاک نشان از رقابت آهن با مس و روی در خاک دارد. این رقابت همینطور بر سر جایگزینی این فلزات درکلات به جای آهن می‌تواند باشد. جایگذاری آهن با مس و روی درکلات های DTPA و EDTA بیشتر از جذب کلات ها به وسیله خاک می‌باشد و عامل مهمی در تاثیر گذاری آن می‌باشد (Aboulroos & Ebelssary, 1983).

با توجه به جدول تجزیه واریانس ۶ میزان مس در برگ و ساقه گیاه منابع تغییرات هیچ تفاوت معنی‌داری بین تیمار های کودی و شاهد نداشتند ولی در ریشه اثر نوع کود بین شاهد و تیمار های کودی تفاوت معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) مشاهده شد و سایر منابع تغییر هیچ تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند. در مقایسه میزان مس موجود در برگ و ساقه هیچ تفاوتی بین تیمار های کودی مشاهده نشد.



شکل۳- مقایسه میزان آهن موجود در ساقه و ریشه گیاه (mg.kg-1) در تیمار های مختلف کودی به ترتیب ساقه (b) و ریشه (C)

در مقایسه میزان مس موجود در ریشه بر اساس شکل 4 فری لن بیشترین مقدار جذب مس را دارا بود و نتایج به صورت «شاهد <FL>SF=PK=SI » می‌باشد.

در آزمایش های که Lucena & Garate (1987)انجام داد نتیجه گرفت که افزایش مس، روی با EDTA و مس با EDDHA زیاد می‌شود. با اندازه گیری مس در اندام های گیاهی همان طور که دیده شد در ریشه جذب مس زیاد بود و این مسئله مانند روی این احتمال را که این دو عنصر با آهن در جذب ریشه رقابت دارند تصدیق می‌کند. تیمار کودی فری لن نسبت به سایر تیمار های کودی جذب مس بیشتری در ریشه داشته است.

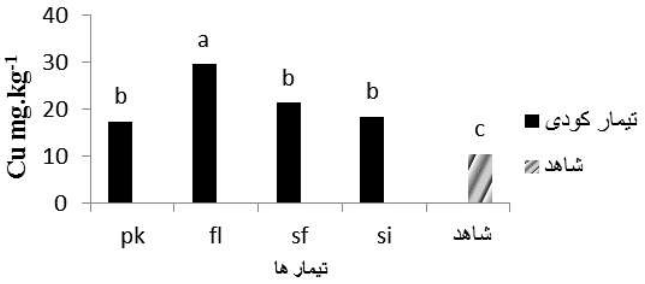
جدول۶- خلاصه جدول تجزیه واریانس میزان مس در اندام های گیاهی

منابع تغییر	درجه آزادی	مس برگ ارزش F	مس ساقه ارزش F	مس ریشه ارزش F
اثر سطح کود	۲	۰/۸۳۱۷ ns	۲/۷۲۲ ns	۰/۷۴۶۳ ns
اثر نوع کود	۴	۲/۲۴۴۹ ns	۱/۳۰۲۹ ns	۲/۸۷۴۴*
اثر سطح کود× نوع کود	۸	۰/۷۳۵۶ ns	۱/۶۷۹۳ ns	۰/۳۸۴۶ ns
خطا	۴۵			

(**در سطح ۱٪ معنی‌دار)، (* در سطح ۵٪ معنی‌دار)، (ns غیر معنی‌دار)

در مقایسه میزان آهن در ریشه گیاه ذرت و مس جذب شده در ریشه می‌توان گفت طبق نظرZheng & Tang (2009) وقتی آهن به همراه کلات به صورت کمپلکس به سطح ریشه گیاه ذرت می‌آید کلات آهن توسط رداکتازهایی احیا می‌شود و آهن توسط آنزیم هایی که در غشاء ریشه قرار دارند به داخل ریشه ذرت جذب می‌شود. اما اگر مس به جای آن با کلات کمپلکس تشکیل دهد بعد از احیا با وارد شدن در آنزیمی که در غشاء ریشه وجود دارد باعث از کار افتادن جایگاه فعال با پیوند با این منطقه می‌شود و در همان جا می‌ماند و این امر باعث از کار افتادن آن آنزیم در جذب آهن می‌شود اگر

محیط کمی اکسیدی باشد آهن به صورت اکسیدهای آهن در سطوح تار های ریشه قرار می‌گیرد و از جذب آهن جلوگیری می‌شود. باید توجه داشت که آهن که در سطح بالا در برگ جذب گردیده در مراحل اولیه رشد قبل از جذب مس در ریشه گیاه، به گیاه انتقال یافته است و این امر را می‌توان به غلظت بالای آهن در خاک در این زمان نسبت داد. نتایج به دست آمده در این آزمایش با نتایج Zheng & Tang (2009)، Aboulroos & Ebelssary (1983)، Lucena & Garate (1987)، Cohen *et al* (1998) منطبق می‌باشد.



شکل۴- مقایسه مقدار مس موجود در اندام‌های مختلف گیاه (mg.kg-1) در تیمارهای مختلف کودی ریشه

نتیجه گیری

با توجه به اینکه این پژوهش به منظور مقایسه کیفی یک کود کلات آهن سنتز شده ساخت داخل با نمونه‌های مشابه خارجی که در دسترس کشاورز قرار دارد و یک منبع کودی آهن غیر کلاته انجام گرفت نتایج زیر استنتاج گردید. در آزمایش خوابانیدن بدون حضور گیاه میزان بالاتری از آهن قابل جذب در تیمارهای کودهای سولوفید و فری لن مشاهده شد و برای سایر کودها این مقدار کمتر بود. نتایج آزمایش کشت ذرت نشان داد که بیشترین میزان غلظت آهن در برگ (۸۰ $mg.kg^{-1}$) مربوط به کود سولوفید بوده و همینطور بیشترین میزان آهن قابل جذب در خاک (۸ $mg.kg^{-1}$) پس از کشت در همین تیمار کودی وجود داشته است. در پایان

می‌توان به این نکته اشاره کرد که با توجه به نتایج این تحقیق و سوابق علمی موجود کودهایی با عامل کلات کننده EDDHA ترکیب کودی مناسب تری برای خاک‌های آهکی و تامین آهن قابل جذب می‌باشند لذا تحقیق و پژوهش بیشتری در زمینه امکان تهیه این کلات‌ها در کشور مورد نیاز است.

پیشنهادات

کود سنتز شده پتروکیمیا با افزایش آهن محلول باتوجه به pH اولیه کود کاهش شدیدی در میزان آهن محلول داشته است. لذا انتظار می‌رود در صورت اصلاح در روش تهیه کود و تنظیم بهتر pH آن تغییر محسوسی در روند حلالیت و رسوب آهن ایجاد گردد. از میان کودهای آزمایش شده سولوفید و فری لن عملکرد بهتری در دوره-های زمانی کوتاه داشته اند لذا به منظور بر طرف کردن سریع کمبود آهن می‌توان از این کودها استفاده کرد.

منابع

ملکوتی، م.ج. و م. مهدی تهرانی.۱۳۸۴. نقش ریز مغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس ، تهران.

Aboulroos, S. and E. Ebelssary. 1983. Reaction of iron chelate and the sodium salt of EDTA, DTPA and EDDHA with tow alkaline soil, during growth barley. Elsevier scientific publishing company, Amsterdam. Printed in The Netherlands. Journal of Agronomy-Ecology. 8: 203-214.

Bell, P.F., D.G. Edwards, C.J. Asher, and G.L. Kerven. 2005. Effects of iron complexation and indiscriminate uptake on shoot iron of barley. Journal of Plant Nutrition. 28: 963–979.

Boxoma, R. and A.J. Groot. 1971. Behavior of iron and mangenes chelate in calcareous in iron plant. Plant and Soil. 34: 741-749.

Chapman, H.D. 1965. Cation exchang capacity properties: Method of Soil Analysis, part(3). Journal of Agronomy. 9:891-901.

Christ, R. A. 1974. A method to compare the effect of ionic iron and iron chelates in nutrient solution cultivres. Journal of Plant Physiology. 54:579-581.

Cohen, C.K., T.C. Fox, D.F. Garvin, and L.V. Kochian. 1998. The role of iron-deficiency stress responses in stimulating heavy-metal transport in plants. Journal of Plant Physiology. 116:1063–1072.

Cottingham, D. G. 1957. Behavior of iron in calcareous soil. Plant and Soil VIII, no 3. Long Ashton Research Station, University of Bristol.

Garcia-Mina, J., R.G. Cantera, and A. Zamarreno. 2003. Interaction of different iron chelates with an alkaline and calcareous soil: a complementary methodology to evaluate the performance of iron compounds in the correction of iron chlorosis. Journal of Plant Nutrition. 26:1943–1954.

between two legumes: lentil *(Lens culinaris)* and *CHICKPEA* (Cicer arietinum). Journal of Plant Physiology, 11:1237–1245.

Marschner, H. 1995. Mineral nutrient of higher plant. Academic london. P.889.

Mikami, Y. and A. Saito, and E. Miwa. 2011. Allocation of Fe and ferric chelate reductase activities in mesophyllcells of barley and sorghum under Fe-deficien7t conditions. Journal of Plant Physiology. 49 :513-519.

Mirsseyed hossieni, H. and G.H.R. Savaghebi. 2008. Comprision of effectiveness some domestic and foreign iron chelate fertilizer on plant growth and their stability in soil. Journal of Agriculture Environment American Science. 3:380-387.

Mihucz,V.G. and Ál. Csog. 2012. Impact of two iron (III) chelators on the iron, cadmium, lead and nickel accumulation in poplar grown under heavy metal stress in hydroponics. Journal of Plant Physiology. 169:561– 566.

Nadal, P. and L. Hernández, and J.J. Lucena. 2009. Effectiveness of N,N′-Bis (2-hydr- oxy-5-methylbenzyl) ethylenediamine-N,N′-diacetic acid (HJB) to supply iron to dicot plants. Plant Soil. 325:65–77.

Nabhan, H.M. 1977. chelate behavior in salin and alkaline soil conditions. Plant and Soil, 46: 603-618.

Norvell. W.A. 1991. Reaction of metal chelates in soil and nutrient solution. SSSA. Inc , Madison ,USA.

Olsen, S.R. and L.E. Sommers. 1982. PHosphorus. p 403-430. In: a.l. Sparks , *et al.* Methods of soil analysis, part 2. Agron.

Gee, G.W. and J.M. Bauder. 1986. particle size analysis. Method of Soil Analysis, part 3, p.383-421.

Hoffland, E. and W.D. Schenkeveld. 2011. The biodegradability of EDDHA chelates under calcareous soil conditions. Geoderma. 174:282–288.

Hasegawa, H. and M. Azizur Rahman. 2011. Influence of chelating ligands on bioavailability and mobility of iron in plant growth media and their effect on radish growth. Journal of Environment Botany. 71:345–351.

Hasegawa, H. 2012. Significance of the concentration of chelating ligands on Fe3+-solubility, bioavailability, and uptake in rice plant. Journal of Plant Physiology. 58: 205-211.

Lucena, J. J. and A. Garate. 1987. Iron-chelates evaluation in a calcareous soil. Plant and soil. 103:134-138.

Lucena, J. J. 2003. Fe chelates for remediation of Fe chlorosis in strategy I plant. Journal of Plant Nutrition, 26: 1969–1984.

Lucena, J. 2006. Synthetic iron chelates to correct iron deficiency in plants. iron nutrition in plants and rhizospheric microorganisms.The Netherlands. Springer, pp. 103–128.

Linsay. W.L. and W. Norvell. 1978. Development of a DTPA soil test for iron & zinc & copper. Soil Science Society of American Journal, 42:421-428.

Lineham, D.J. and ShepHerd, H. 1979. A comparative study of effect of neutral and synthetic ligand of iron plant. plant and soil, 52: 281-289.

Leoppert, R.H. 1985. Indieenous soil properties influencein the availability of iron in calcaeous soil. Soil Science Society of American Journal, 49:597-603.

Mahmoudi, H. and R. Ksouri. 2005. Differences in responses to iron deficiency

containing oxide to plant available Fe. Journal of Plant Nutrition. 2:156-18.

Valkly-black, E.D. 1934. Totalorganic carbon & organic matter in method of soil Analysis part 3. D.L.Sparks . Soil Science Society of American Journal, Madison,WI.

Vande Gucht, I. 1954. Determination of chelating agents in chromatograpHy fertilizers by ion . Journal of Chromatography. 671:359-365.

Watson, M.E. and R.A. Isaac. 1990. Analytical instruments for soil and plant analysis, p. 691-740. In: R. L. Westerman (eds). Soil testing and plant analysis. Soil Science Society of American Journal, Madison, wis.

Ylivainio, K. 2010. Effects of iron (III)chelates on the solubility of heavy metals in calcareous soils. Journal of Environment Pollution. 158: 3194-3200.

Zheng, S. and C. Tang. 2009. The responses of red clover (*TRIFOLIUM PRATENSE* L.) to iron deficiency: a root Fe(III) chelate reductase. Journal of Plant Science, 164: 679- 687.

Mongr. 2nd ed. ASA. and SSSA, Madison, WI.

Romheld,V. and H. Marschner. 1986. Evidence for a specific uptake system for iron phytosidrophores in root of grasses. Journal of Plant Physiology. 80:175-180.

Rhodes, J.D. 1996. Salinity: electrical conductivity and total dissolved solid. P.417-435.In. 138_ method of soil Analysis, part 3. Madison, USA.

Sadra hami, A. 2010. Using strees tolerance indicator to select high grain yield iron deficiency in calcareous soil. Feild crop research. 1:12-19.

Schenkeveld, D.C. 2010. FeEDDHA-facilitated Fe uptake in relation to the behaviour of FeEDDHA components in the soil-plant system as a function of time and dosage. Plant Soil. 332:69–85.

Summer, M.E. and W.P. Miller. 1996. Potassium exchange in method of soil Analysis part 2. D.L.Sparks. ASA, SSSA, Madison,WI

Vampati, R.K. and R.H. Leoppert. 1988. Chimestry and mineralogy of Fe-

Comparing the effects of iron chelate fertilizers on amount of iron in soil and plants in presence and absence of plants

A. Bakhshi[1]*, H.M. Seyed Hosseini[1], G. Bagheri marandi[2], S. Akbarimehr[3]

1.Department of Soil Science, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
2. Department of chemistry, karaj Branch, Islamic Azad University, karaj, Iran.
3. Ph. D Student of Agronomy, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran.

Abstract

In this study, three types of chelated iron containing fertilizers (Sulufeed, Frilan iron cheated with EDDHA, Petrokimia - chelated Fe-EDTA and iron sulfate were compared . This research was conducted in 2013 in two phases. First stage an incubation experiment availability of iron in soil in at two time periods were studied. So in a greenhouse experiment the effect of fertilizer in tree levels (15,30,45 ppm) on plant growth parameters were also investigated. The results of incubation experiment, Frilan fertilizer and sulufied had more soil iron content (6.1 &9.3 mg/kg) at 38 days' period and at 56 days all treatment, showed a relatively similar levels of iron content. The results of corn growth experiment under fertilizer treatments indicated that highest leaf Fe content (80 mg/kg) and soil Fe content(8mg/kg) after harvest were for the sulufeed treatment. In general, sulufeed and Frilan had better performance in all experiment with respect to iron uptake on release of iron.

Keywords: Chelates, Chlorosis, EDDHA, EDTA

* Corresponding author (ali.bakhshi.1795@gmail.com)