تحقیقات آب و خاک ایران، دورهٔ ۴۸، شمارهٔ ۳، مهر و آبان ۱۳۹۶ (ص ۶۶۸-۶۵۹) DOI: 10.22059/ijswr.2017.207046.667462

تعیین سطح بحرانی مس برای گیاه ذرت علوفه‌ای رقم ۷۰۴ در برخی از خاک‌های استان آذربایجان شرقی

الهام عبدالملکی[۱]، عادل ریحانی تبار[۲*]، نصرت اله نجفی[۳]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

۲. دانشیار، گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

۳. دانشیار، گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

(تاریخ دریافت:۱۳۹۵/۴/۳ – تاریخ بازنگری: ۱۳۹۵/۱۰/۲۰– تاریخ تصویب:۱۳۹۵/۱۰/۲۶)

چکیده

اطلاع از سطح بحرانی مس در خاک و پاسخ‌های گیاه ذرت به مصرف آن می‌تواند کمک مؤثری در توصیه بهینه کود مس باشد. هدف این پژوهش تعیین سطح بحرانی مس برای گیاه ذرت در ۲۱ نمونه خاک سطحی (۰-۳۰ سانتی‌متر) استان آذربایجان شرقی بود. طی آزمایش گلخانه‌ای گیاه ذرت علوفه‌ای رقم ۷۰۴ (*Zea mays* L.) در دو سطح صفر و ۷/۵ میلی-گرم مس در کیلوگرم خاک از منبع سولفات مس در سه تکرار به‌صورت آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی کشت شد. پس از طی شصت روز (پایان دوره رشد رویشی) شاخص کلروفیل برگ قبل از برداشت و وزن تر و خشک بخش هوایی و مقدار جذب مس بخش هوایی ذرت بعد از برداشت اندازه‌گیری شد. سطح بحرانی مس استخراج‌شده با عصاره‌گیرهای DTPA-TEA و AB-DTPA و با استفاده از روش‌های ترتیب ستونی پاسخ گیاه، تصویری و آماری کیت-نلسون و معادله میچرلیخ-بری محاسبه شد. با مصرف مس وزن خشک، غلظت و مقدار جذب مس بخش هوایی ذرت افزایش معنادار ($p<0.05$) نشان داد. سطح بحرانی مس در خاک‌های موردمطالعه با عصاره‌گیر DTPA-TEA برای دست‌یابی به عملکرد نسبی ۹۰ درصد به‌روش ترتیب ستونی پاسخ گیاه، نموداری کیت-نلسون و معادله میچرلیخ-بری به ترتیب ۱/۴۶، ۱ و ۱/۷۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و با عصاره‌گیر AB-DTPA به ترتیب ۱/۵۰، ۱/۸۰ و ۲/۹۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود و ضریب C میچرلیخ-بری با استفاده از عصاره‌گیرهای مذکور به ترتیب ۰/۵۸۷۴ و ۰/۳۳۹۷ کیلوگرم خاک بر میلی‌گرم مس محاسبه شد. روش آماری کیت-نلسون در تحقیق حاضر روشی مناسب برای تعیین سطح بحرانی مس نبود.

واژه‌های کلیدی: ذرت، سطح بحرانی مس، کیت-نلسون، میچرلیخ - بری.

مقدمه

به علت اهمیت زیادی که ذرت در تأمین غذای دام و طیور و مصارف دارویی و صنعتی دارد، با بهبود روش زراعت آن در بیشتر کشورهای جهان که دارای شرایط آب و هوایی مناسب‌اند، میزان محصول قابل‌توجهی تولید می‌شود (Khodabandeh, 1998). استان آذربایجان شرقی به لحاظ سطح تولید محصولات زراعی دارای رتبه سوم کشوری است و میانگین عملکرد ذرت در استان ۳۴۵۳ کیلوگرم در هکتار گزارش‌شده است (Agricultural Statistics, 2013).

مس از عناصر کم‌مصرفی است که گیاهان به غلظت‌های مختلفی از آن برای رشد بهینه نیاز دارند و اغلب به‌صورت کاتیون دو ظرفیتی (Cu^{2+}) و کی‌لیت جذب گیاه می‌شود. مس در گیاه دارای نقش‌های متعددی همچون فعال‌کنندگی آنزیم‌های تیروزیناز، آسکوربیک اسید اکسیداز، بوتریل کوآ دهیدروژناز، سلولاز، دهیدروژناز، اکسیداز، سیتوکروم‌اکسیداز و لاکاز، شرکت در تشکیل دانه میوه، عمل لیگنینی شدن، فتوسنتز و تشکیل کلروفیل، تولید دانه گرده و متابولیسم پروتئین در کربوهیدرات‌ها است (Marschner, 1985; Sandermann and Boger, 1983). مس در تعیین رنگ برخی گیاهان نظیر پیاز، نقش ضروری و اصلی دارد، اگرچه مقدار جذب مس به‌وسیله گیاه کم بوده و معمولاً میزان مس گیاه ۲ تا ۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک گیاه است و در غلظت کمتر از ۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک گیاه کاهش عملکرد و نشانه‌های کمبود مس بروز می‌کند (Mengel *et al*, 2001). مس در گیاه عنصری غیر متحرک است و نشانه‌های کمبود آن در برگ‌های جوان مشاهده می‌شود (Fageria and Barbosa Filho, 2006). کمبود مس زمانی اتفاق می‌افتد که فاز جامد خاک توانایی عرضه مقدار لازم از عنصر موردنظر برای گیاه را

* نویسنده مسئول : areyhani@tabrizu.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

نداشته باشد که از دلایل عدم توانایی می‌توان به کشت فشرده، نیاز ارقام جدید با راندمان بالا به مس بیشتر، تلفات و فرسایش خاک سطحی، آهک‌دهی خاک‌های اسیدی، استفاده از کودهایی با درجه خلوص بالا، مصرف کم مواد آلی، عوامل طبیعی و انسانی و بافت شنی با ماده آلی کم اشاره کرد. علائم کمبود مس در غلات شامل زردی عمومی گیاه سوختگی و پیچیدگی نوک برگ‌ها و ظهور رنگ سبز کمرنگ در برگه‌ای جوان است (Malakouti and Tehrani, 2005). با کمبود مس، فعالیت آنزیم فنل‌اکسیداز که عامل مؤثر در لیگنینی شدن گیاه است، متوقف و طویل شدن سلول‌ها در ناحیه نزدیک مریستم کاهش می‌یابد، در نتیجه تنفس و فتوسنتز با کمبود مس مختل می‌شود که به دلیل نقش مس در تشکیل کلروفیل و تیلاکوئید است و این امر به‌خوبی به‌وسیله زردی برگ‌ها قابل‌تشخیص است (Marschner, 1985). pH خاک تأثیر بسزایی بر حلالیت و جذب عناصر کم‌مصرف خاک دارد و با افزایش آن غلظت قابل‌جذب عناصر کم‌مصرف کاتیونی کاهش می‌یابد (Williams *et al*, 2007). کمبود مس در خاک‌های آهکی با pH بالا به دلیل رسوب هیدروکسید مس و در خاک‌های آلی به دلیل تشکیل کمپلکس‌های آلی پایدار مس بیشتر مشاهده می‌شود (Williams *et al*, 2007). Shahbazi and Besharati (2013) گزارش کردند که ۶۳/۲ درصد خاک‌های کشور کمتر از ۱ درصد و حدود ۸۴ درصد خاک‌ها کمتر از ۱/۵ درصد کربن آلی دارند، لذا بروز کمبود مس به دلیل فراوانی مواد آلی در خاک‌های ایران تقریباً منتفی است. روش‌های مختلفی برای تعیین مقدار قابل‌جذب عناصر در خاک و تشخیص اختلال‌های تغذیه‌ای وجود دارد که متداول‌ترین آن‌ها مشاهده نشانه‌های ظاهری کمبود، آزمون خاک، تجزیه گیاه، آزمایش‌های کودی در گلخانه و مزارع است (Malakooti and Homaee, 2004). سطح بحرانی عناصر غذایی در خاک مقدار ثابتی ندارد و در شرایط مختلف همچون میزان و پراکنش بارندگی، نوع خاک (به‌ویژه ماهیت و کمیت کربنات)، نوع رقم گیاه و پتانسیل تولیدی آن تغییر خواهد کرد (Feiziasl *et al*, 2003). روش‌های مختلفی برای تعیین سطح بحرانی ابداع‌شده است ازجمله روش ترتیب ستونی پاسخ گیاه[1] (بازرسی چشمی)، روش نموداری کیت-نلسون، روش آنالیز واریانس کیت-نلسون (ANOVA) و معادله میچرلیخ-بری که هر یک از این روش‌ها دارای مزایا و معایبی می‌باشند (Malakooti *et al*, 2008). در روش تعیین سطح بحرانی، زمان و محل نمونه‌برداری در تفسیر نتایج حاصل از تجزیه گیاه دارای اهمیت است و محل نمونه‌برداری مناسب در ذرت، برگ روبروی بلال و مناسب‌ترین زمان، زمان تشکیل گل‌آذین است (Kamkar *et al*, 2012). در منابع مختلف برای سطح بحرانی مس خاک و برای گیاهان مختلف اعداد و ارقام مختلفی ارائه‌شده است. البته ملکوتی و طهرانی معتقدند که در مقایسه با عنصر روی حد بحرانی مس در خاک‌های ایران برای گیاهان زراعی کمتر بوده و در حدود ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد (Malakouti and Tehrani,2005). ازآنجاکه تاکنون سطح بحرانی مس برای گیاه ذرت علوفه‌ای رقم ۷۰۴ در استان آذربایجان شرقی گزارش نشده است، هدف از این تحقیق تعیین سطح بحرانی مس برای گیاه ذرت علوفه‌ای رقم ۷۰۴ در برخی خاک‌های استان آذربایجان شرقی در شرایط گلخانه‌ای بود تا بتوان با مطالعات آتی در مزرعه و مقایسه نتایج حاصله به جمع‌بندی منطقی و تخمین دقیق سطح بحرانی مس خاک برای ذرت علوفه‌ای در خاک‌های زراعی کشور دست‌یافت.

مواد و روش‌ها

برای تحقیق حاضر ۴۱ نمونه خاک از مناطق عمدتاً ذرت کاری استان آذربایجان شرقی و از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری جمع آوری شد. پس از خشک شدن خاک‌ها و عبور از الک ۲ میلی‌متری، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها با استفاده از روش‌های زیر بررسی شدند: بافت خاک به روش هیدرومتری ۴ زمانه (Gee and Or, 2002)، pH در عصاره گل اشباع (Richards, 1954)، قابلیت هدایت الکتریکی (EC) در عصاره اشباع (Rhoades, 1996)، کربن آلی به روش اکسایش تر (Nelson and Sommers, 1996)، درصد کربنات کلسیم معادل (CCE) به‌روش خنثی کردن با اسیدکلریدریک و تیتراسیون با سود (Allison and Moodie, 1965)، کربنات کلسیم معادل فعال (ACCE) توسط اگزالات آمونیوم ۰/۱ مولار در pH برابر با ۹ و تیتر کردن با پتاسیم پرمنگنات ۰/۱ مولار (Loeppert and Suarez, 1996)، ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) به روش سه مرحله‌ای اشباع با استات سدیم و جایگزینی آمونیوم (Bawer *et al*, 1952) انجام گرفت. حضور یا عدم حضور گچ در خاک با روش استاندارد استون بررسی شد (Rhichards, 1954). مس، آهن، روی و منگنز قابل‌دسترس نیز به روش DTPA (Lindsay and Norvell, 1978) اندازه‌گیری شدند. با تجزیه کلاستر و با توجه به ضریب تغییرات برای ادامه پژوهش ۲۱ نمونه از میان ۴۱ نمونه خاک انتخاب شدند که در جدول (۱) توصیف آماری برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ارائه‌شده است. بر اساس درصد کربنات کلسیم معادل، کربنات کلسیم معادل فعال، کربن

1. Plant response column order procedure

Archive of SID

www.SID.ir

آلی، pH، درصد رس و شن و مس قابل‌جذب، ۲۱ خاک طوری انتخاب شدند که دارای بیشترین ضریب تغییرات [۱۰۰× (میانگین/ انحراف معیار) =ضریب تغییرات ٪] باشند. ضریب تغییرات بیشتر نشان‌دهنده انتخاب خاک‌ها بر پایه طیف وسیعی از ویژگی‌های مذکور بود. انتخاب بر اساس بالاترین ضریب تغییرات توانایی تعمیم نتایج حاصل به خاک‌هایی با ویژگی‌های مشابه بود. مس قابل‌جذب خاک‌ها از ۰/۴۵ تا ۳/۸۱ با میانگین ۱/۵۷ و ضریب تغییرات ۵۵/۵۱ درصد به دست آمد. دامنه EC خاک‌های انتخاب‌شده ۰/۸۴ تا ۳/۶۰ دسی‌زیمنس بر متر بود، بنابراین اثر شوری در این تحقیق به‌عنوان متغیر ثانویه مطرح نبود. همچنین این خاک‌ها فاقد گچ بودند.

طی مطالعات گلخانه‌ای گیاه ذرت (*Zea mays* L.) رقم سینگل کراس ۷۰۴ به‌صورت آزمایش فاکتوریل و بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی در دو سطح صفر و ۷/۵ میلی‌گرم مس بر کیلوگرم خاک از منبع سولفات مس ($CuSO_4.5H_2O$) در گلدان‌های حاوی ۳ کیلوگرم خاک هوا خشک و در سه تکرار کشت شد. رطوبت خاک در طول ۲ ماه رشد گیاه ۸۰ تا ۱۰۰ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه به‌روش وزنی نگه‌داشته شد. سایر عناصر غذایی بر طبق آزمون خاک و توصیه رایج کودی مصرف شدند؛ به‌طوری‌که نیتروژن به مقدار ۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم از منبع اوره [$CO(NH_2)_2$] در ۳ نوبت، فسفر ۴۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم از منبع سوپر فسفات تریپل [$Ca(H_2PO_4)_2.H_2O$]، پتاسیم ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم از منبع سولفات پتاسیم (K_2SO_4)، روی ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم از منبع سولفات روی ($ZnSO_4.7H_2O$)، منگنز ۴/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم از منبع سولفات منگنز ($MnSO_4.H_2O$) و آهن ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم از منبع سکوسترین آهن ۶ درصد (Fe-EDDHA) به‌صورت محلول در آب مصرف شدند (Malakouti and Tehrani,2005). در هر گلدان ۶ عدد بذر ذرت کاشته شد و بعد از گذشت دو هفته تعداد جوانه‌های هر گلدان به سه عدد تقلیل داده شد. بعد از پایان دوره رویشی (پایان دو ماه) شاخص کلروفیل برگ ذرت با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج (Hansatech، مدل CL-01) قبل از برداشت اندازه گرفته شد سپس ساقه گیاه ذرت از محل طوقه از ریشه جدا و با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ ± گرم توزین شد. ریشه گیاه نیز همراه با خاک اطراف آن در آب شهری غوطه‌ور و از خاک جدا شد. بخش هوایی و ریشه ذرت با آب شهری و سپس آب مقطر شسته و روی پارچه‌های تمیز پخش شدند تا آب اضافی سطح آن‌ها گرفته شد. سپس در دمای ۷۰ درجه و به مدت ۷۲ ساعت تا رسیدن به وزن خشک ثابت در آون قرار داده و پس از خشک شدن با آسیاب پودر شدند و درنهایت هضم نمونه‌های گیاهی با روش خشک‌سوزانی انجام گرفت (Jones, 2001). غلظت مس در نمونه‌ها با دستگاه جذب اتمی (شیمادزو مدل AA-6300) اندازه‌گیری شد. مقدار جذب مس از حاصل‌ضرب غلظت مس در مقدار ماده خشک و فاکتور انتقال مس، از تقسیم غلظت مس در بخش هوایی به غلظت مس در ریشه ذرت محاسبه شد (Singh and Agrawal, 2007). سطح بحرانی مس با روش‌های ترتیب ستونی پاسخ گیاه، روش‌های تصویری و آماری کیت-نلسون و روش میچرلیخ-بری با استفاده از عصاره‌گیرهای DTPA-TEA (Lindsay and Norvell, 1978) و AB-DTPA (Soltanpour, and Schwab, 1977) محاسبه شد. رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel و ضرایب همبستگی و توصیف آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. قبل از تجزیه آماری تست نرمال بودن داده‌ها انجام و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۰/۰۵ انجام شد.

نتایج و بحث

در جدول‌های (۲) و (۳) تجزیه واریانس شاخص‌های رشد گیاه ذرت ارائه‌شده است. اثر نوع خاک فقط برای مقدار جذب مس معنادار نبود درحالی‌که برای سایر شاخص‌های مهم رشد ذرت اثر معنادار دیده شد که می‌تواند به دلیل انتخاب ۲۱ خاک بر اساس بیشترین ضریب تغییرات در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها باشد. در جدول‌های (۵) و (۶) مقایسه میانگین‌های اثر متقابل نوع خاک و مس مصرفی در سطح شاهد و تیمار مس برای شاخص‌های رشدی ذرت که معنادار بودند ارائه‌شده است. بیشترین وزن تر بخش هوایی و وزن تر و خشک ریشه در خاک شماره ۱۱ مشاهده شد. خاک شماره ۱۱، خاکی با کلاس بافتی لوم و درصد کربنات کلسیم پائین (۰/۸۶ درصد) بود. بیشترین وزن خشک و غلظت مس بخش هوایی در سطح تیمار مس خاک به ترتیب در خاک‌های شماره ۱۵ و ۱ مشاهده شد. خاک شماره ۱، دارای مس قابل‌جذب ۰/۷۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود، لذا قابل‌انتظار بود که با مصرف مس غلظت مس گیاه در این خاک افزایش یابد.

در جدول (۶) میانگین شاخص‌های گیاه ذرت در دو سطح صفر و ۷/۵ میلی‌گرم مس بر کیلوگرم خاک ارائه‌شده است. اثر مصرف مس بر شاخص کلروفیل برگ و ارتفاع گیاه در سطح احتمال ۰/۰۵ و قطر ساقه، وزن تر و خشک بخش هوایی و در سطح احتمال ۰/۰۱ معنادار بود. Reza khani *et al* (2012)، گزارش کردند که با افزایش سطح مس مصرفی تا ۱۰ میلی‌گرم مس بر کیلوگرم خاک در خاک‌های آهکی استان زنجان، وزن خشک بخش هوایی اسفناج افزایش یافت اما در سطوح ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم مس بر کیلوگرم خاک، کاهش وزن خشک بخش

Archive of SID

www.SID.ir

هوایی مشاهده شد. در این تحقیق شاخص کلروفیل برگ، ارتفاع بوته، وزن تر و خشک بخش هوایی با مصرف مس تحت تأثیر معنادار قرار گرفتند (جدول ۶). شاخص کلروفیل برگ در سطح ۷/۵ میلی‌گرم مس بر کیلوگرم خاک کاهش معناداری نسبت به شاهد نشان داد که احتمالاً ناشی از رقیق شدن غلظت نیتروژن می‌باشد، چراکه وزن خشک گیاه براثر مصرف مس افزایش معنادار نشان داد. Kumar *et al* (2009)، گزارش کردند که با مصرف ۱/۵ میلی‌گرم مس بر کیلوگرم خاک در خاک‌های آهکی هند ارتفاع گیاه ۲۳ درصد افزایش یافت. طویل شدن سلول‌ها و اندام‌های گیاه از مهم‌ترین اعمال اکسین است و ازآنجاکه مس در ساخت پروتئین و تنظیم و تعدیل اکسین نقش دارد، بر ارتفاع ساقه گیاه مؤثر است (Shorrocks and Alloway, 1988).

جدول ۱. توصیف آماری برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ۲۱ خاک مورداستفاده در این تحقیق.

پارامتر	واحد	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات (٪)
Sand		۱۳	۸۶	۴۹	۲۰/۲۸	۴۱/۰۴
Clay		۵	۳۹	۲۰	۹/۶۰	۴۷/۲۶
Silt	(g/100g)	۹	۵۴	۳۰	۱۲/۵۱	۴۱/۳۵
CCE		۱/۶۲	۲۶/۴۱	۱۱/۹۱	۸/۳۰	۶۹/۶۹
ACCE		۰/۸۶	۱۰/۷۴	۴/۸۱	۳/۲۴	۶۷/۴۳
OC		۰/۱۴	۲/۳۰	۰/۷۷	۰/۴۴	۵۷/۸۷
SP		۲۲	۵۰	۳۶	۹/۸۱	۲۷/۱۴
pH		۷/۹۳	۸/۲۸	۸/۱۰	۰/۱۰	۱/۲۰
EC (dS/m)		۰/۸۴	۳/۶۰	۱/۷۸	۰/۸۶	۴۸/۲۲
CEC ($cmol_c/kg$)		۱۰	۳۸	۲۳	۷	۳۲
Fe*		۰/۷۶	۱۲/۷۳	۳/۴۲	۲/۷۲	۷۹/۴۷
Mn*		۰/۶۷	۱۵/۳۷	۶/۰۴	۳/۳۲	۵۵/۰۰
Cu*	(mg/kg)	۰/۴۵	۳/۸۱	۱/۵۷	۰/۸۷	۵۵/۵۱
Zn*		۰/۰۷	۱/۲۴	۰/۴۸	۰/۳۹	۸۲/۵۷
K*		۱۴۳	۴۷۵	۲۹۰	۱۰۷/۵۵	۳۷/۰۳
P*		۱/۵۰	۱۲/۶۰	۷/۲۸	۳/۵۸	۴۹/۱۹

* شکل قابل‌جذب عنصر

جدول ۲. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر سطوح مس و نوع خاک بر شاخص‌های رشد گیاه ذرت.

منبع تغییر	درجه آزادی	شاخص کلروفیل برگ	ارتفاع بوته (cm)	قطر ساقه (mm)	وزن تر بخش هوایی (g/pot)	وزن خشک بخش هوایی (g/pot)	وزن تر ریشه (g/pot)	وزن خشک ریشه (g/pot)
بلوک	۲	۲۶/۵۹*	۸۱/۵۵^{ns}	۰/۰۲*	۱۱۱۹/۲۴**	۳/۰۹^{ns}	۱۴۳/۸۲**	۰/۱۹^{ns}
خاک	۲۰	۴۱/۵۸**	۴۳۲/۲۴**	۰/۰۳**	۱۶۶۳/۷۲**	۱۵/۸۰**	۶۲/۶۶**	۰/۸۰**
مس	۱	۴۲/۵۹*	۵۵۳/۱۴*	۱۰/۳۰**	۶۵۸۹/۵۶**	۴۰/۲۰**	۳۵/۱۰^{ns}	۰/۲۸^{ns}
خاک× مس	۲۰	۱۱/۳۰^{ns}	۱۲۳/۶۶^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۶۱۲/۵۰*	۶/۷۳**	۳۰/۶۴**	۰/۳۵*
خطای آزمایش	۸۲	۷/۳۴^{ns}	۹۱/۸۷^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۳۰۹/۵۰^{ns}	۲/۷۴^{ns}	۱۳/۳۳^{ns}	۰/۳۰^{ns}
ضریب تغییرات		۲۲/۲۲	۹/۳۰	۱۸/۴۲	۲۷/۶۵	۲۸/۷۱	۳۲/۳۲	۳۲/۷۴

ns، *و** به ترتیب غیرمعنادار، معنادار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱.

جدول ۳. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر سطوح مس و نوع خاک بر غلظت و جذب مس توسط گیاه ذرت.

منبع تغییر	درجه آزادی	غلظت مس بخش هوایی (mg/kg)	غلظت مس ریشه (mg/kg)	مقدار جذب مس بخش هوایی (mg/pot)	فاکتور انتقال مس
بلوک	۲	۱/۴۲^{ns}	۰/۰۴^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}
خاک	۲۰	۱۲۶/۴۸**	۰/۷۳**	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۱۲**
مس	۱	۸۶۰/۷۳**	۲۱/۶۷**	۰/۰۶۵**	۱/۶۲**
خاک× مس	۲۰	۲۶/۶۸**	۰/۱۵^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۳^{ns}
خطای آزمایش	۸۲	۲/۱۱^{ns}	۰/۰۵^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۱^{ns}
ضریب تغییرات		۷/۷۱	۶/۸۸	۲۸/۷۳	۲۳/۱۹

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴. مقایسه میانگین‌های اثر متقابل نوع خاک و مس مصرفی بر برخی شاخص‌های رشد ذرت در سطح شاهد.

شماره خاک	وزن تر بخش هوایی (g/pot)	وزن خشک بخش هوایی (g/pot)	وزن تر ریشه (g/pot)	وزن خشک ریشه(g/pot)	غلظت مس بخش هوایی(mg/kg)
۱	۳/۱۳ k	۲/۰۰ k	۵/۷۲ ijk	۰/۵۰ df	۲۹/۹۴ b
۲	۱۰/۴۴ d-k	۵/۸۲ c-i	۱۴/۲۰ a-h	۱/۳۳ a-e	۱۷/۳۱ j-p
۳	۱۴/۰۰ b-h	۶/۴۳ b-h	۱۴/۰۰ b-h	۱/۵۸ a-d	۱۳/۵۰ st
۴	۱۱/۶۰ b-i	۴/۵۰ f-k	۱۱/۶۰ b-i	۰/۸۳ cde	۱۶/۰۴ k-s
۵	۱۳/۲۳ b-h	۳/۶۰ h-k	۱۳/۲۳ b-h	۰/۹۸ b-e	۱۲/۵۴ t
۶	۹/۴۶ d-k	۴/۳۰ f-k	۹/۴۶ d-k	۰/۷۰ d-e	۱۵/۶۱ m-s
۷	۸/۹۰ e-k	۳/۷۷ g-k	۸/۹۰ c-k	۰/۷۰ d-e	۱۶/۷۴ j-r
۸	۱۱/۶۳ b-i	۵/۸۵ c-i	۱۱/۶۳ b-i	۱/۲۶ a-e	۱۳/۴۱ st
۹	۷/۱۸ h-k	۵/۸۱ c-i	۱۴/۰۸ b-h	۱/۳۰ a-e	۱۳/۹۴ rst
۱۰	۱۰/۳۰ d-k	۶/۱۷ b-h	۱۸/۰۱ abc	۱/۱۲ b-e	۱۴/۸۶ p-t
۱۱	۹/۶۸ d-k	۶/۲۸ b-h	۹/۶۸ d-k	۱/۳۵ a-e	۱۴/۱۸ q-t
۱۲	۱۳/۲۵ b-h	۶/۴۵ b-h	۱۸/۸۱ ab	۱/۴۸ a-d	۱۵/۱۸ o-t
۱۳	۷/۸۸ g-k	۶/۸۱ b-h	۱۳/۶۰ b-h	۱/۵۲ a-d	۱۴/۳۰ q-t
۱۴	۴/۲۲ jk	۳/۷۶ g-k	۱۰/۹۶ c-j	۰/۶۲ de	۱۵/۴۵ m-s
۱۵	۱۱/۹۵ b-i	۴/۶۴ f-k	۱۱/۹۵ b-i	۰/۹۵ b-e	۱۵/۳۸ n-s
۱۶	۸/۰۹ f-k	۵/۸۵ c-i	۸/۰۹ f-k	۰/۷۴ de	۱۷/۷۸ i-o
۱۷	۸/۳۶ f-k	۴/۷۴ e-k	۹/۵۷ d-k	۱/۲۷ a-e	۱۴/۹۰ p-t
۱۸	۹/۴۳ d-k	۵/۱۶ e-k	۱۲/۳۶ b-i	۱/۱۷ b-e	۱۵/۴۵ m-s
۱۹	۵/۰۳ i-k	۳/۴۸ h-k	۸/۱۵ f-k	۰/۹۰ b-e	۲۱/۸۸ ef
۲۰	۸/۲۲ f-k	۲/۶۷ i-k	۸/۲۲ f-k	۰/۵۶ de	۱۸/۱۸ h-n
۲۱	۱۴/۷۵ a-g	۵/۴۰ d-j	۱۴/۷۵ a-g	۱/۰۵ b-e	۱۴/۶۰ p-t
میانگین	۹/۵۹	۴/۹۲	۱۱/۷۴	۱/۰۱	۱۶/۲۴

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک فاقد تفاوت معنادار با آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ هستند.

جدول ۵. مقایسه میانگین‌های اثر متقابل نوع خاک و مس مصرفی بر برخی شاخص‌های رشد ذرت در تیمار مس.

شماره خاک	وزن تر بخش هوایی (g/pot)	وزن خشک بخش هوایی (g/pot)	وزن تر ریشه (g/pot)	وزن خشک ریشه (g/pot)	غلظت مس بخش هوایی (mg/kg)
۱	۵/۷۲ i-k	۲/۲۵ jk	۳/۱۳ k	۰/۳۵ e	۳۷/۹۵ a
۲	۱۴/۲۰ a-h	۵/۹۰ c-i	۱۰/۴۴ d-k	۱/۲۲ b-e	۲۱/۶۳ ef
۳	۱۶/۰۰ a-e	۹/۹۵ c-i	۱۶/۰۰ a-e	۱/۵۸ a-d	۲۰/۸۶ fgh
۴	۱۵/۵۲ a-f	۸/۰۴ b-e	۱۵/۵۲ a-f	۱/۴۸ a-d	۲۱/۰۸ fg
۵	۱۳/۷۳ b-h	۴/۲۰ f-k	۱۳/۷۳ b-h	۱/۲۱ b-e	۲۶/۹۷ c
۶	۱۰/۲۳ d-k	۷/۳۶ b-f	۱۰/۲۳ d-k	۱/۱۲ b-e	۲۳/۷۱ de
۷	۹/۳۷ d-k	۵/۳۱ e-j	۹/۳۷ d-k	۰/۹۵ b-e	۱۷/۰۰ j-q
۸	۱۳/۴۶ b-h	۷/۰۷ b-g	۱۳/۴۶ b-h	۱/۹۷ ab	۱۸/۷۹ g-k
۹	۱۴/۰۸ b-h	۶/۳۰ b-h	۷/۱۸ h-k	۱/۱۹ a-e	۱۸/۱۴ h-n
۱۰	۱۸/۰۱ a-c	۹/۱۲ a-c	۱۰/۳۰ d-k	۱/۱۰ ab	۱۸/۵۳ g-l
۱۱	۲۱/۱۵ a	۹/۴۲ ab	۲۱/۱۵ a	۲/۳۳ a	۱۶/۱۲ j-s
۱۲	۱۸/۸۱ ab	۸/۷۰ a-d	۱۳/۲۵ b-h	۱/۳۵ a-e	۱۶/۶۱ j-r
۱۳	۱۳/۶۰ b-h	۷/۱۸ b-f	۷/۸۸ g-k	۰/۹۰ b-e	۱۷/۹۶ i-o
۱۴	۱۰/۹۶ c-j	۴/۱۱ f-k	۴/۲۲ jk	۰/۶۱ de	۱۸/۲۸ h-m
۱۵	۱۶/۳۵ a-d	۱۱/۵۵ a	۱۶/۳۵ a-d	۱/۹۲ abc	۱۵/۷۸ l-s
۱۶	۸/۵۴ f-k	۸/۷۰ a-d	۸/۵۴ f-k	۰/۹۴ b-e	۱۸/۷۰ j-p
۱۷	۹/۵۷ d-k	۵/۲۱ e-k	۸/۳۶ f-k	۱/۰۲ b-e	۲۱/۰۵ fg
۱۸	۱۲/۳۶ b-i	۷/۰۴ b-g	۹/۴۳ d-k	۰/۷۲ de	۱۸/۹۱ g-j
۱۹	۸/۱۵ f-k	۳/۶۰ h-k	۵/۰۳ ijk	۰/۵۶ de	۳۷/۳۰ a
۲۰	۸/۷۰ e-k	۴/۸۶ e-k	۸/۷۰ e-k	۱/۰۰ b-e	۲۰/۳۵ f-i
۲۱	۱۵/۳۲ a-g	۶/۷۲ b-h	۱۵/۳۲ a-g	۱/۱۵ b-e	۲۵/۲۲ cd
میانگین	۱۳/۰۴	۶/۷۹	۱۰/۸۳	۱/۱۷	۲۱/۴۷

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک فاقد تفاوت معنادار با آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ هستند.

Archive of SID

www.SID.ir

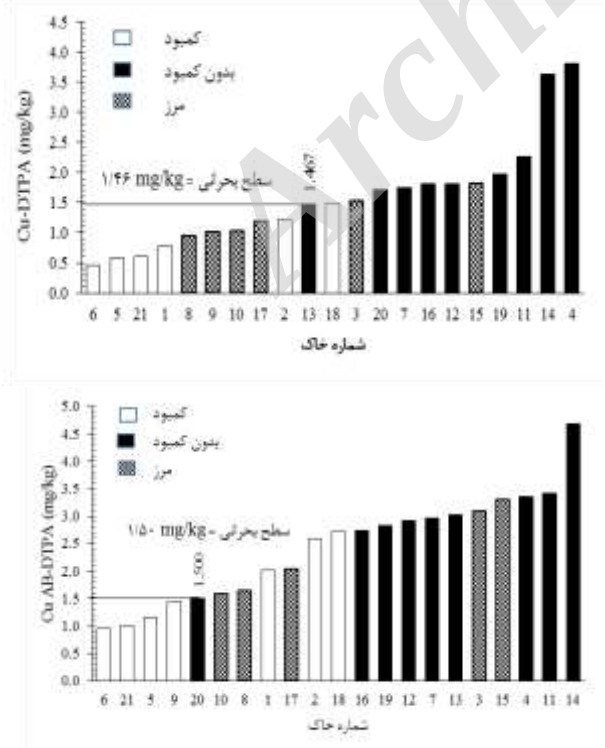
جدول ۶. مقایسه میانگین‌های شاخص‌های رشد گیاه ذرت برای اثر اصلی کود مس.

شاخص‌های گیاه	واحد	شاهد	۷/۵ mg Cu /kg Soil
وزن تر بخش هوایی	(g/pot)	۹/۵۹ b	۱۳/۰۴ a
وزن خشک بخش هوایی		۴/۹۲ b	۶/۷۹ a
وزن تر ریشه		۱۱/۷۴a	۱۰/۸۳ a
وزن خشک ریشه		۱/۰۱ a	۱/۱۷ a
ارتفاع بوته	(cm)	۱۰۰/۹۰ b	۱۰۵/۱۰ a
قطر ساقه	(mm)	۴۰/۲۰b	۴۸/۷۰a
شاخص کلروفیل برگ		۱۲/۷۸ a	۱۱/۶۱ b
غلظت مس بخش هوایی	(mg/kg dw)	۱۶/۳۱ b	۲۱/۴۷a
غلظت مس ریشه		۲۳/۹۱ b	۵۲/۹۸ a
فاکتور انتقال مس		۰/۶۷ a	۰/۴۴ b
مقدار جذب مس	(mg/pot)	۰/۰۸ b	۰/۱۳ a

حروف متفاوت در سطح احتمال ۰/۰۵ اختلاف معنی‌داری را با آزمون دانکن نشان می‌دهند.

تعیین سطح بحرانی

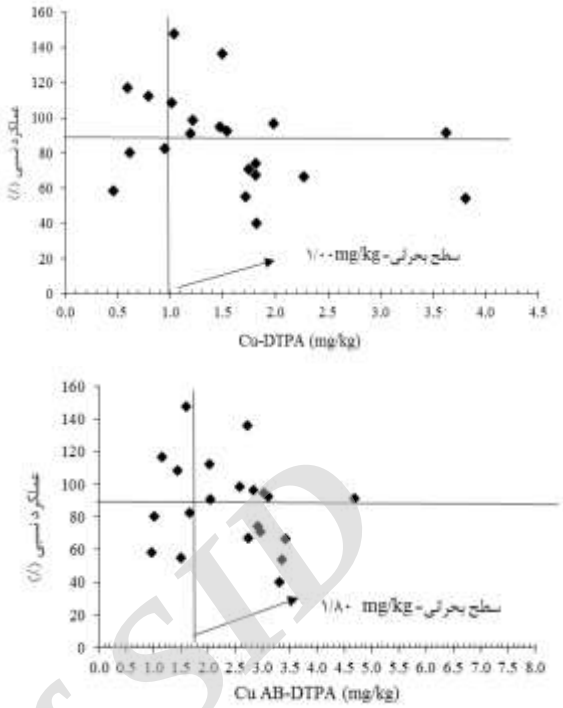
در این تحقیق با استفاده از روش ترتیب ستونی پاسخ گیاه سطح بحرانی مس در ۲۱ خاک موردبررسی با استفاده از عصاره‌گیرهای DTPA-TEA و (آمونیوم بی‌کربنات-DTPA)AB-DTPA به ترتیب ۱/۴۶ و ۱/۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌دست آمد (شکل ۱). هیستوگرام‌های سفید، سیاه و هاشور خورده به ترتیب غلظت مس گیاهان دارای نشانه‌های کمبود، بدون کمبود و حالت مرز را نشان می‌دهند. Feiziasl *et al* (2009) با استفاده از روش ترتیب ستونی پاسخ گیاه و عصاره‌گیر DTPA-TEA سطح بحرانی مس را برای گندم آبی در شرایط مزرعه در مزارع شمال غرب ایران ۱/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کردند. در شکل (۲) سطح بحرانی مس به‌وسیله روش نموداری کیت-نلسون با عصاره‌گیرهای DTPA-TEA و AB-DTPA ارائه‌شده است که سطح بحرانی به‌دست آمده در عملکرد نسبی ۹۰ درصد به ترتیب ۱ و ۱/۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. با روش تصویری کیت-نلسون سطح بحرانی مس در عملکرد نسبی ۸۵ درصد نیز محاسبه اما تفاوتی با سطح بحرانی محاسبه‌شده در عملکرد نسبی ۹۰ درصد دیده نشد. Hamidi Asil *et al* (2013) سطح بحرانی مس را برای خاک‌های آهکی قزوین زیر کشت گندم، با استفاده از عصاره‌گیر DTPA-TEA، ۱/۶۵ میلی‌گرم مس بر کیلوگرم خاک اعلام کردند. Chand and Singh (1981) در خاک‌های آهکی و درشت‌بافت هند با روش نموداری کیت-نلسون برای ذرت در ۸۰ و ۹۵ درصد عملکرد نسبی سطح بحرانی مس را ۰/۱۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کردند. Ziaeian & Malakooti(1999) سطح بحرانی مس خاک در گلخانه و مزرعه را به روش DTPA حدود ۰/۸ و ۰/۹ میلی‌گرم برای خاک‌های زراعی ایران گزارش کردند. Feiziasl et al. (2009) در خاک‌های زیر کشت گندم آبی شمال غرب ایران با استفاده از روش نموداری کیت-نلسون سطح بحرانی مس را ۱/۳۸ میلی‌گرم مس بر کیلوگرم خاک گزارش کردند. در تحقیق حاضر روش آماری کیت-نلسون به دلیل ضرایب تبیین کم (به ترتیب ۰/۳۸ و ۰/۲۰) روشی مناسب برای تخمین سطح بحرانی مس در خاک‌های موردبررسی نبود.



شکل ۱. تعیین سطح بحرانی مس با استفاده از عصاره‌گیرهای DTPA-TEA و AB-DTPA و روش ترتیب ستونی پاسخ گیاه.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲. تعیین سطح بحرانی مس با استفاده از عصاره‌گیرهای DTPA-TEA و AB-DTPA و روش تصویری کیت-نلسون در عملکرد ۹۰ درصد.

با استفاده از معادله میچرلیخ-بری و عصاره‌گیرهای DTPA-TEA و AB-DTPA سطح بحرانی مس خاک‌های موردبررسی در عملکرد ۹۰ درصد به ترتیب ۱/۷۰ و ۲/۹۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌دست آمد. همچنین سطح بحرانی با استفاده از این معادله در سطح عملکرد ۸۵ و ۹۵ درصد نیز محاسبه و در جدول (۷) ارائه‌شده است. در جدول (۸) ضرایب C میچرلیخ-بری با استفاده از عصاره‌گیرهای DTPA-TEA و AB-DTPA برای ۲۱ خاک موردبررسی ارائه‌شده است. میانگین ضریب C میچرلیخ-بری برای ۲۱ خاک موردبررسی با استفاده از DTPA-TEA و AB-DTPA به ترتیب ۰/۵۸۷۴ و ۰/۳۳۹۷ کیلوگرم خاک در میلی‌گرم مس به دست آمد. Tabandeh *et al* (2008) ضریب C میچرلیخ-بری را با استفاده از DTPA-TEA، ۰/۵ کیلوگرم خاک بر میلی‌گرم مس و سطح بحرانی مس را در ۸۵، ۹۰ و ۹۵ درصد عملکرد نسبی برای خاک‌های آهکی استان فارس به ترتیب ۱/۴۰، ۱/۶۵ و ۲ میلی‌گرم مس بر کیلوگرم خاک اعلام کردند. Feiziasl *et al* (2003) نیز در خاک‌های آهکی غرب و شمال‌غرب کشور با استفاده از DTPA-TEA در ۸۰، ۸۵ و ۹۰ درصد عملکرد نسبی سطح بحرانی مس را به‌وسیله DTPA-TEA به ترتیب ۱/۲۸، ۱/۵۱ و ۱/۸۴ میلی-گرم بر کیلوگرم گزارش کردند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

جدول ۷. سطح بحرانی مس به‌وسیله معادله میچرلیخ-بری.

عملکرد نسبی٪	سطح بحرانی مس با (mg/kg) DTPA-TEA	سطح بحرانی مس با (mg/kg) AB-DTPA
۸۵	۱/۴۰	۲/۴۲
۹۰	۱/۷۰	۲/۹۴
۹۵	۲/۲۱	۳/۸۲

جدول ۸. ضریب C معادله میچرلیخ-بری با عصاره‌گیر DTPA-TEA و AB-DTPA.

شماره خاک	عملکرد نسبی مشاهده‌شده	DTPA-TEA C (kg /mg)	AB-DTPA C (kg /mg)
۱	**	**	**
۲	۹۸/۷۰	۱/۵۵۴۸۴	۰/۷۳۱۰۰
۳	۹۲/۵۹	۰/۷۳۶۵۴	۰/۳۶۵۲۹
۴	۵۴/۱۶	۰/۰۸۸۹۱	۰/۱۰۱۰۷
۵	**	**	**
۶	۵۸/۲۶	۰/۸۳۵۶۴	۰/۳۹۴۷۴
۷	۷۰/۹۷	۰/۳۰۸۱۰	۰/۱۸۱۵۶
۸	۸۲/۷۰	۰/۸۰۶۹۴	۰/۴۶۰۹۲
۹	**	**	**
۱۰	**	**	**
۱۱	۶۶/۷۰	۰/۲۱۰۶۴	۰/۱۳۹۶۰
۱۲	۷۴/۲۱	۰/۳۲۴۵۶	۰/۲۰۱۹۱
۱۳	۹۴/۸۵	۰/۸۷۷۸۱	۰/۴۲۶۴۶
۱۴	۹۱/۴۹	۰/۲۹۵۳۴	۰/۲۲۸۶۴
۱۵	۴۰/۲۴	۰/۱۲۲۷۲	۰/۰۶۷۷۴
۱۶	۶۷/۲۴	۰/۲۶۷۴۶	۰/۱۷۶۷۹
۱۷	۹۰/۸۶	۰/۸۷۳۵۵	۰/۵۰۸۳۳
۱۸	**	**	**
۱۹	۹۶/۵۸	۰/۷۴۰۵۱	۰/۵۱۸۱۸
۲۰	۵۵/۰۱	۰/۲۰۲۶۷	۰/۲۳۱۲۰
۲۱	۸۰/۳۱	۱/۱۵۱۶۰	۰/۷۰۲۴۰
میانگین	۸۷/۴۶	۰/۵۸۷۴	۰/۳۳۹۷

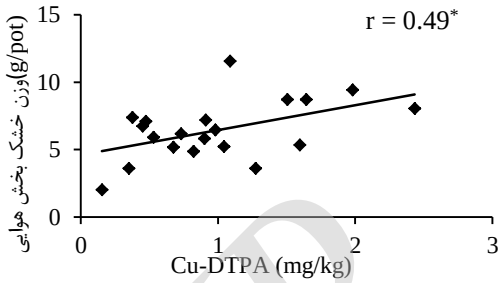
** عملکرد نسبی بیش از ۱۰۰ درصد

در این تحقیق ازآنجاکه مس عصاره‌گیری شده با عصاره‌گیر DTPA-TEA در زمان‌های ۰/۱۶ و ۰/۳۳ ساعت (۱۰ و ۲۰ دقیقه) با وزن خشک بخش هوایی گیاه ضرایب همبستگی معنادار نشان دادند (شکل ۳ و ۴)، لذا سطح بحرانی مس برای این دو زمان نیز محاسبه شد. سطح بحرانی مس با استفاده از روش‌های ترتیب ستونی پاسخ گیاه (شکل ۵)، تصویری کیت-نلسون (شکل ۶) و معادله میچرلیخ-بری در عملکرد نسبی ۹۰ درصد برای روش عصاره‌گیری DTPA-TEA در ۱۰ دقیقه عصاره‌گیری به ترتیب ۰/۸۲، ۰/۶۰ و ۱/۰۸ و برای روش عصاره‌گیری DTPA-TEA در ۲۰ دقیقه عصاره‌گیری به ترتیب

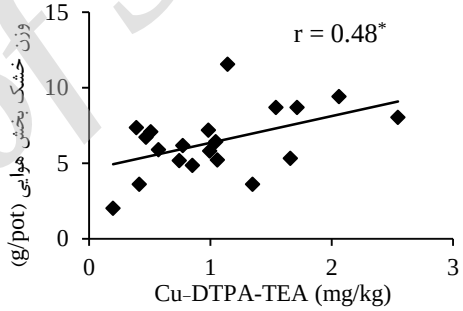
Archive of SID

www.SID.ir

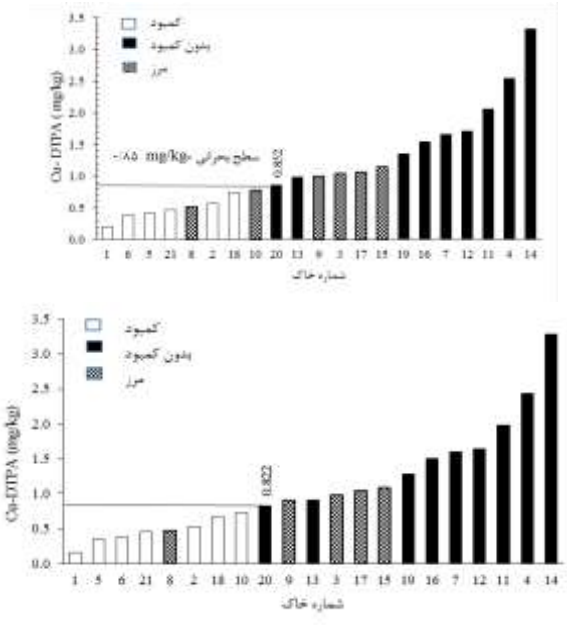
۰/۸۵، ۰/۷۰ و ۱/۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌دست آمد. میانگین ضریب C میچرلیخ-بری برای این دو روش مذکور نیز به ترتیب ۰/۹۲۵۰ و ۰/۸۷۲۵ کیلوگرم خاک بر میلی‌گرم مس به‌دست آمد.



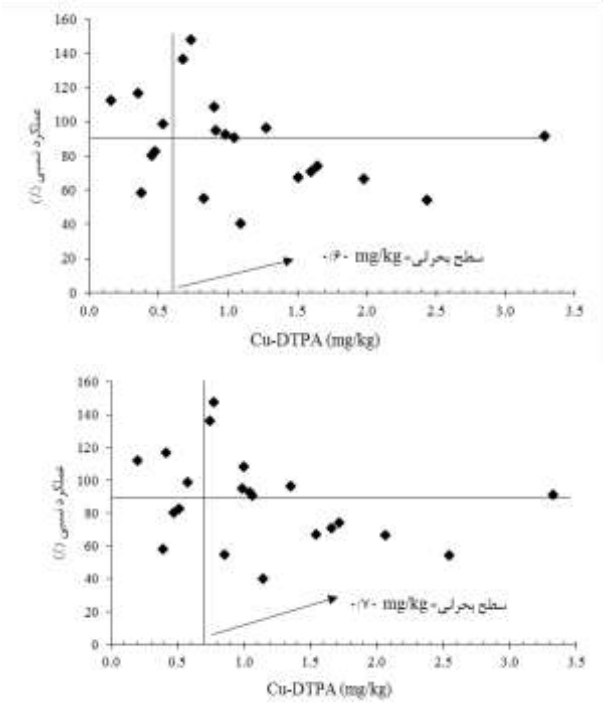
شکل ۳. رابطه مس استخراجی با DTPA-TEA در ۱۰ دقیقه عصاره‌گیری و وزن خشک بخش هوایی.



شکل ۴. رابطه مس استخراجی با DTPA-TEA در ۲۰ دقیقه عصاره‌گیری و وزن خشک بخش هوایی.



شکل ۵. تعیین سطح بحرانی مس با استفاده از عصاره‌گیرهای DTPA-TEA در زمان‌های ۱۰ و ۲۰ دقیقه (راست و چپ) عصاره‌گیری با روش ترتیب ستونی پاسخ گیاه.



شکل ۶. تعیین سطح بحرانی مس با استفاده از عصاره‌گیرهای DTPA-TEA در زمان‌های ۱۰ و ۲۰ دقیقه (راست و چپ) عصاره‌گیری با روش تصویری کیت-نلسون.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق میانگین مس استخراج‌شده با DTPA-TEA ۱/۵۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود که از سطح بحرانی مس گزارش‌شده برای غلات در ایران بالاتر بود بااین‌وجود با مصرف ۷/۵ میلی‌گرم مس در کیلوگرم خاک غلظت مس بخش هوایی و جذب آن افزایش معنادار نشان داد، میانگین غلظت مس در بخش هوایی ذرت بعد از مصرف کود مس در دامنه معمول (۷ تا ۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) گزارش‌شده در منابع بود (Kamkar *et al*, 2012). شاخص کلروفیل برگ و ارتفاع گیاه نیز با مصرف مس به ترتیب کاهش و افزایش معنادار نشان دادند. کاهش شاخص کلروفیل را می‌توان به اثر رقت نیتروژن نسبت داد. سطح بحرانی مس برای گیاه ذرت توسط روش‌های عصاره‌گیری DTPA-TEA (Lindsay and Norvel, 1978) و AB-DTPA (Soltanpour, and Schwab, 1977) و با استفاده از روش ترتیب ستونی پاسخ گیاه به ترتیب ۱/۴۶ و ۱/۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم، با روش تصویری کیت-نلسون به ترتیب ۱ و ۱/۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و با معادله میچرلیخ-بری در عملکرد نسبی ۹۰ درصد به ترتیب ۱/۷۰ و ۲/۹۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم محاسبه شد. سطح بحرانی مس با استفاده از روش‌های DTPA-TEA در ۱۰ و ۲۰ دقیقه عصاره‌گیری با استفاده از روش ترتیب ستونی پاسخ گیاه به ترتیب ۰/۸۲ و ۰/۸۵، با روش تصویری کیت-

Archive of SID

www.SID.ir

نلسون به ترتیب ۰/۶۰ و ۰/۷۰ و با معادله میچرلیخ-بری در عملکرد نسبی ۹۰ درصد به ترتیب ۱/۰۸ و ۱/۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌دست آمد. در این تحقیق روش آماری کیت- نلسون به دلیل داشتن ضرایب تبیین پائین، روشی مناسب برای تعیین سطح بحرانی در خاک‌های موردبررسی نبود. در خاتمه لازم به ذکر است که سطوح بحرانی به‌دست‌آمده در این پژوهش قابل توصیه به مزرعه نبوده و ضرورت دارد این‌گونه تحقیقات در مزارع کشور انجام و ضمن مقایسه با نتایج گلخانه‌ای تصمیم‌گیری نهایی راجع به سطح بحرانی مس خاک و مصرف یا عدم مصرف کود مس در موسسه تحقیقات خاک و آب کشور انجام شود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از معاون محترم پژوهشی دانشگاه تبریز به دلیل تأمین هزینه تحقیق تشکر می‌شود.

REFERENCES

Agricultural Statistics. (2013). The first volume of agricultural crops, 2011-2012. *Ministry of Agricultural Jihad*, Vice Chancellor for of Planning and Economic, Center of Information and Communication Technology. (In Farsi).

Allison, L. E., and Moodie, C. D. (1965). carbonate. In C. A .Black (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 2: *American Society of Agronomy, Soil Science Society of America* .(Pp: 1379-1396). Madison, WI.

Bawer, C. A., Reitemeier, R. F., and Fireman, M. (1952). Exchangable cation analysis of saline and alkali soil. *Soil Science*, 73, 251-261.v

Chand, T., and Singh, R. (1981). The critical level of copper in seirozem soils of Haryana as evaluated with different extractants. *Plant and Soil*, 62, 293-298.

Fageria, N. K., and Barbosa Filho, M. P. (2006). Identification and correction nutrient deficiencies in rice. *Embrapa Arroze Feijao Circular tenica* (vol 75). Brazil.

Feiziasl, V., Jafarzadeh, J., Pala, M., and Mosavi, S. B. (2009). Determination of critical levels of micronutrients by plant response column order procedure for dryland wheat (*T. aestivum* L.) in North West of Iran. *International Journal of Soil Science*, 4(1), 14-26.

Feiziasl, V., Valizadeh, G, R., Toshih, V., Taliei, A. A., and Belson, V. (2003). Determination of critical levels of soil micronutrients for dryland wheat in the North West of Iran. *Jornal of Agronomy and Plant Breeding*, 5(4), 236-249. (In Farsi).

Gee, G. W., and Or, D. (2002). Partical size analysis. Methods of Soil Analysis. Part 4. Physical Methods. *Soil Science Society of America*, 201-214.

Hamidi Asil, S., Mostashari, M., and Moez Ardalan, M. (2013). A review of the effect of the position of some of the micro elements and the determination of critical level on wheat in the city of Qazvin. *Jornal of Agronomy and Plant Breeding*, 9(4), 39-46. (In Farsi).

Jones, J. B. (2001). Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis. *Cereals Research of Community Press*.

Kamkar, B., Langerodi, V., and Mohammadi, R. (2012). Application of minerals in fedding of crops. *Mashhad Jihad collegiate publishers*. (In Farsi).

Khodabandeh, N. (1998). Cereals. *University of Tehran press* (vol 5), 537-542. (In Farsi).

Kumar, R, Mehrotra, N. K. Nautiyd, .B. D., Kumar, P., and Singh, P. K. (2009). Effect of copper on growth, yield and concentration of Fe, Mn, Zn and Cu in wheat plants (*Triticum aestivum* L). *Journal of Environmental Biology*, 30(4), 485-488.

Lindsay, W. L., and Norvell, W. A. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42, 421-428.

Loeppert, R. H., and Suarez, D. L. (1996). Carbonate and Gypsum. Publications from USDA-Agricultural Research Service University of Nebraska-Lincoln, Pp: 504.

Malakooti, C. E. C., and Homaee, C. E. (2004). Fertile soils of arid and semiarid regions (Ed.) Tarbiat Modarres University, Tehran. (In Farsi).

Malakooti, M., Keshavarz, J., and Karimian, N. (2008).Diagnosis and recommendation integrated system for balanced fertilization. Tarbiat Modarres University Press, (7^{th}), Pp. 744. (In Farsi).

Marschner, H. 1985. Mineral Nutrition of Higher Plants (Ed.), *Academic Press*. (Pp: 70-82). New York, NY.

Mengel, K., Kosegarten, H., Kirkby, E. A., and Appel, T. (2001). Principles of plant nutrition. (Ed.). *Springer Science and Business Media*. (Pp: 15-110). New York

Nelson, D. W., and Sommers, L. E. (1966). Total carbon, organic chemical methods. In D. L .Sparks., P. A Page., R. H . Helmke., P. N. Loppert., M. A. Soltanpour., G. T .Tabatabai and M. E. Summer (Ed.). *America Society of Agronomy*. (Pp: 961-1010). Madison, WI.

Reza khani, L., Golchin, A., and Shafiei, S. (2012). Effect of different rates of Cd and Cu on growth and chemical composition of spinach**.** *Jornal of Agronomy and Plant Breeding*, 8(1), 87-100. (In Farsi).

Archive of SID

www.SID.ir

Richards, L. K. (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. Agriculture Hand book, Salinity Laboratory Staffs. *Departeman of Agriculture.*

Rhoades, J. D. (1996). Salinity electrical conductivity and total dissolved solids. In D. L. Sparks. Methods of Soil Analysis (Part 3), Chemical Methods*Soil Science Society of America and America Society of Agronomy*. (Pp: 417-436). Madison, WI.

Sandermann, G., and Boger, P. (1983). The enzymatological function of heavy metals and their role In the electron

transfer processes of plants. In A. Lauchi, and R. L. Bicleski (Ed.). *Encyclopedia of plant physiology* (vol 15). (Pp: 563-596). Berlin: Springer-Verlag.

Shahbazi, K., and Besharati, H. (2013). Overview of agicultural soil fertility status of Iran. *Journal Management System*, 1(1), 1-15. (In Farsi).

Singh, R. P., and Agrawal, M. (2007). Effects of sewage sludge amendment on heavy metal accumulation and consequent responses of *Beta vulgaris* plants. *Chemosphere*, 67, 2229–2240.

Soltanpour, P. N., and Schwab, A. P. (1977). A new soil test for simultaneous extraction of macro and micro-nutrients in alkaline soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 8(3), 195-207.

Shorrocks,V. M and Alloway, B. J. (1988). Copper in Plant, Animal and Human Nutrition. *Copper Development Association Publication*, 98-104.

Tabandeh, L., Maftoun, M., Karimian, N., and Emam, Y. (2008). Effect of copper application on yield and chemical composition of rice and determination of copper critical level in selected calcareous soils of Fars provience. Journal of soil water science, 22(1), 1-10. (In Farsi).

Williams, C., Nascimento, A., Eduardo, E., Severina, R., and Leite, P. (2007). Effect of liming on the plant availability and distribution of zinc and copper among soil fractions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 38, 545–560.

Ziaeian, A., Malakooti, M. J. (1999). The effect of Fe, Mn, Zn and Cu application on wheat production in high calcareous soil of Fars provience (Green house study). *Scientific Research Journal of Soil and Water*, 12(6), 201-206.

Archive of SID

www.SID.ir